А.П. САДОХИН

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Второе издание,
переработанное и дополненное

Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации в качестве ***учебника*** *для студентов высших учебных заведений, обучающихся по гуманитарным специальностям*

Рекомендовано Учебно-методическим центром «Профессиональный учебник» в качестве ***учебника*** *для студентов вузов, обучающихся по специальностям экономики и управления и гуманитарно-социальным специальностям*

ЮНИТИ
UNITY
Москва • 2006

УДК 50(075.8)
ББК 20я73
С14

Рецензенты:
д-р филос. наук, проф., академик РАЕН *А.В. Солдатов;*
канд. биол. наук, доцент *Л.Б. Рыболов;*
канд. хим. наук, доцент *Н.Н. Иванова*

Главный редактор издательства
кандидат юридических наук,
доктор экономических наук *Н.Д. Эриашвили*

Садохин, Александр Петрович.
С14 Концепции современного естествознания: учебник для студентов вузов, обучающихся по гуманитарным специальностям и специальностям экономики и управления / А.П. Садохин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. - 447 с.

ISBN 5-238-00974-7

Агентство **CIP** РГБ

Учебник подготовлен в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по дисциплине «Концепции современного естествознания», которая входит в учебные планы всех гуманитарных специальностей вузов. В работе представлена широкая панорама концепций, освещающих различные процессы и явления в живой и неживой природе, описываются современные научные методы познания мира. Основное внимание уделено рассмотрению концепций современного естествознания, имеющих важное мировоззренческое и методологическое значение.

Для студентов, аспирантов и преподавателей гуманитарных факультетов и вузов, а также всех интересующихся философскими вопросами естествознания.

ББК 20я73

ISBN 5-238-00974-7

© А.П. Садохин, 2006
© ИЗДАТЕЛЬСТВО ЮНИТИ-ДАНА, 2003, 2006
Воспроизведение всей книги или любой ее части любыми средствами или в какой-либо форме, в том числе в Интернет-сети, запрещается без письменного разрешения издательства

От автора

Предлагаемый учебник подготовлен в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и предназначен для студентов гуманитарных специальностей вузов.

Общеизвестно, что современная система образования должна решить задачу подготовки высококвалифицированных специалистов, обладающих разносторонними и фундаментальными знаниями о самых различных процессах и явлениях окружающего мира. В наши дни обществу не нужны специалисты, ориентированные только на решение узкоутилитарных задач. Высококвалифицированный профессионал, востребованный на рынке труда, должен обладать широким кругозором, навыками самостоятельного приобретения новых знаний и их критического осмысления. Кроме того, он должен иметь представление об основных научных концепциях, объясняющих пространственно-временные отношения объективного мира, процессы самоорганизации в сложных системах, каковыми является живая и неживая природа, взаимоотношения человека с окружающей природной средой и место человека во Вселенной.

С этой целью в учебные планы всех высших учебных заведений включена дисциплина «Концепции современного естествознания», призванная сформировать у студентов широкие мировоззренческие ориентации и установки, помочь им овладеть научной картиной мира.

Целью курса «Концепции современного естествознания» является ознакомление студентов гуманитарных специальностей вузов с неотъемлемым компонентом человеческой культуры — естествознанием. При этом основное внимание уделено рассмотрению тех концепций современного естествознания, которые имеют наиболее важное мировоззренческое и методологическое значение для понимания и анализа социальных явлений.

Учебный курс «Концепции современного естествознания» по своему содержанию является междисциплинарным комплексом на основе историко-философского, культурологического и эволюционно-синергетического подходов к современному естествознанию. Современная тенденция к гармоничному синтезу гуманитарного и естественно-научного знания обусловлена потребностями общества в целостном мировосприятии и подчеркивает актуальность данной дисциплины.

Потребность в изучении данного курса обусловлена еще и тем обстоятельством, что на протяжении двух последних десятилетий в нашем обществе все более широкое распространение получают различные ви-

ды иррационального знания — мистицизм, астрология, оккультизм, магия, спиритизм и т.п. Постепенно и последовательно они пытаются вытеснить из общественного сознания научную картину мира, основанную на рациональных способах его объяснения. В создавшихся условиях особую значимость приобретают: утверждение научно-рационального отношения к действительности, целостное представление о живой и неживой природе, понимание содержания и возможностей современных методов научного познания, а также умение их применять в профессиональной деятельности.

Опыт преподавания данной дисциплины в гуманитарных вузах показывает, что, излагая материал естественных наук, по возможности следует избегать чрезмерной детализации, если это не оправдано общим замыслом и методологическим подходом к изложению данного предмета. Целесообразно сосредоточить основное внимание на тех важнейших концепциях современного естествознания, которые составляют фундамент современной научной картины мира и наиболее важны в мировоззренческом аспекте. Таким образом, свою основную задачу автор видел в том, чтобы сделать форму изложения материала максимально доступной для усвоения теми будущими специалистами, для которых естествознание не является основной профессиональной дисциплиной. Однако поскольку спектр гуманитарных специальностей достаточно широк и разнообразен, то автор стремился придать своему труду универсальный характер, чтобы он таким образом оказался одинаково полезен для студентов всех гуманитарных специальностей — будущих экономистов, психологов, историков, социологов, менеджеров и т.д.

Предлагая свой труд широкой аудитории, автор выражает благодарность рецензентам и коллегам-преподавателям за ценные замечания и рекомендации, которые оказали неоценимую помощь в создании данного учебника. Кроме того, автор заранее выражает свою искреннюю благодарность всем заинтересованным читателям за их благожелательные пожелания и замечания.

Глава 1
Наука как часть культуры

1.1. Наука среди других сфер культуры

На протяжении истории своего существования люди выработали множество способов познания и освоения окружающего мира. Среди них одно из важнейших мест занимает наука. Чтобы понять ее специфику, необходимо рассмотреть науку как часть культуры, созданной человеком, а также сравнить ее с другими сферами культуры.

Специфической особенностью человеческой жизнедеятельности является то обстоятельство, что она протекает одновременно в двух взаимосвязанных аспектах: естественно-природном и культурном. Изначально человек представляет собой живое существо, продукт природы, но чтобы существовать в ней удобно и безопасно, человек создает внутри природы искусственный мир культуры, «вторую природу». Таким образом, человек существует в природе, взаимодействует с ней как живой организм, но при этом он как бы удваивает внешний мир, вырабатывая знания о нем, создавая образы, модели, оценки, предметы обихода и т.д. Именно такая вещно-познавательная деятельность человека и составляет культурный аспект человеческого бытия.

Культура находит свое воплощение в предметных результатах деятельности, способах и методах существования человека, в различных нормах поведения и разнообразных знаниях об окружающем мире. Вся совокупность практических проявлений культуры подразделяется на две основные группы: материальные и духовные ценности. Материальные ценности образуют материальную культуру, а мир духовных ценностей, включающий в себя науку, искусство, религию, формирует мир духовной культуры.

Духовная культура охватывает духовную жизнь общества, его социальный опыт и результаты, которые предстают перед нами в виде идей, представлений, научных теорий, художественных образов, моральных и правовых норм, политических и религиозных воззрений и многих других элементов духовного мира человека.

Культура является важнейшей сущностной характеристикой человека, отличающей его от всего остального органического мира нашей планеты. С ее помощью человек не приспосабливается к

окружающей среде, как, например, растения и животные, а меняет ее, преобразует мир, делая его удобным для себя. В этом проявляется важнейшая функция культуры — защитная, направленная на то, чтобы прямо или косвенно облегчить жизнь людей. Все сферы культуры так или иначе участвуют в решении этой важнейшей задачи, отражая при этом определенные личностные характеристики человека, а также его потребности и интересы.

В этом контексте неотъемлемой составной частью культуры выступает наука, определяющая многие важные стороны жизни общества и человека. У науки есть свои задачи, отличающие ее от других сфер культуры. Так, экономика является тем фундаментом, который обеспечивает всю деятельность общества, она возникает на основе способности человека к труду. Мораль регулирует отношения между людьми в обществе, что очень важно для человека, который не может жить вне общества и должен ограничивать собственную свободу во имя выживания всего коллектива, создавая моральные нормы. Религия рождается из потребности человека в утешении в тех ситуациях, которые невозможно разрешить рационально (например, смерть близких людей, болезнь, несчастная любовь и т.д.).

Задача науки — получение объективных знаний об окружающем мире, познание законов, по которым он функционирует и развивается. Обладая этим знанием, человеку намного легче преобразовывать мир. Таким образом, наука представляет собой сферу культуры, наиболее тесно связанную с задачей непосредственного преобразования мира, повышения его комфортности и удобства для человека. Именно бурный рост науки, начавшийся в Новое время, создал современную техническую цивилизацию — мир, в котором мы сегодня живем.

Не удивительно, что множество положительных сторон науки сформировали ее высокий авторитет, привели к появлению *сциентизма* — мировоззрения, основанного на вере в науку как в единственную спасительную силу, призванную решить все человеческие проблемы. Идеология *антисциентизма,* считающая науку вредной и опасной силой, ведущей к гибели человечества, не могла с ним соперничать до последнего времени, хотя и ссылалась на негативные последствия научно-технического прогресса, среди которых создание оружия массового уничтожения и экологический кризис.

Лишь к концу XX в., осмыслив как положительные, так и отрицательные стороны науки, человечество выработало более взвешенную позицию. Признавая важную роль науки в нашей жизни, тем не менее не следует соглашаться с ее претензиями на господствующее место в жизни общества. Наука сама по себе не может считаться высшей ценностью человеческой цивилизации, она — только средство в решении некоторых проблем человеческого существова-

ния. То же относится и к другим сферам культуры. Только взаимно дополняя друг друга, все сферы культуры могут выполнять свою основную функцию — обеспечивать потребности и облегчать жизнь человека, являясь связующим звеном между человеком и природой. Если же в этой взаимосвязи какой-либо одной части придается большее значение, чем другим, то это приводит к обеднению культуры в целом и нарушению ее нормального функционирования.

Таким образом, **наука** — это часть культуры, представляющая собой совокупность объективных знаний о бытии, процесс получения этих знаний и применения их на практике.

1.2. Естественно-научная и гуманитарная культуры

Культура, будучи результатом человеческой деятельности, не может существовать изолированно от мира природы, являющегося ее материальной основой. Она неразрывно связана с природой и существует внутри ее, но, имея природную основу, культура в то же время сохраняет свое социальное содержание. Такого рода двойственность привела к формированию двух типов культуры: естественно-научной и гуманитарной. Правильнее было бы назвать их двумя способами отношения к миру, а также к его познанию.

На начальной стадии человеческой истории естественно-начиная и гуманитарная культуры существовали как единое целое, поскольку человеческое познание в одинаковой степени было направлено как на изучение природы, так и на познание самого себя. Однако постепенно у них выработались свои принципы и подходы, определились цели: естественно-научная культура стремилась изучить природу и покорить ее, а гуманитарная культура ставила своей целью изучение человека и его мира.

Разделение естественно-научной и гуманитарной культур началось еще в античности, когда появились астрономия, математика, география, с одной стороны, и театр, живопись, музыка, архитектура и скульптура — с другой. В эпоху Возрождения искусство стало важнейшей частью жизни общества, и поэтому гуманитарная культура развивалась особенно интенсивно. Новое время, напротив, характеризуется исключительно бурным развитием естествознания. Этому способствовали зарождающийся капиталистический способ производства и новые производственные отношения. Успехи естественных наук в то время были настолько впечатляющи, что в обществе возникло представление об их всесильности. Необходимость

все более глубокого познания окружающего мира и выдающиеся успехи естествознания в этом процессе привели к дифференциации и самих естественных наук, т.е. к появлению физики, химии, геологии, биологии и космологии.

Впервые идея о различии естественно-научного и гуманитарного знания была выдвинута в конце XIX в. немецким философом В. Дильтеем и философами Баденской школы неокантианства В. Виндельбандом и Г. Риккертом. Предложенные ими термины «науки о природе» и «науки о духе» достаточно быстро стали общепринятыми, а сама идея прочно утвердилась в философии. Наконец, в 60— 70-е гг. XX в. английский историк и писатель Ч. Сноу сформулировал *идею альтернативы двух культур:* естественно-научной и гуманитарной. Он заявил, что духовный мир интеллигенции все отчетливее раскалывается на два лагеря, в одном из них — художественная интеллигенция, в другом — ученые. По его мнению, можно сделать вывод о существовании двух культур, находящихся в постоянном конфликте друг с другом, причем взаимопонимание между представителями этих культур в силу их абсолютной чуждости невозможно.

Обстоятельное и глубокое изучение вопроса о соотношении естественно-научной и гуманитарной культур позволяет сделать вывод, что между ними действительно существуют немалые различия. Здесь обнаруживаются две крайние точки зрения. Сторонники первой из них заявляют, что именно естествознание с его точными методами исследования является тем образцом, которому должны подражать гуманитарные науки. Наиболее радикальные представители этой точки зрения — позитивисты, которые считают идеалом науки математическую физику, а основным методом построения любого научного знания — дедуктивный способ математики. Защитники противоположной позиции справедливо утверждают, что подобный взгляд не учитывает всей сложности и специфики гуманитарного знания и потому является утопическим и малопродуктивным.

Ориентируясь на деятельностную, созидательную сущность культуры, можно утверждать, что принципиальной особенностью естественно-научной культуры является то, что она «открывает» естественный мир, природу, которая представляет собой самодостаточную систему, функционирующую в соответствии со своими собственными законами. Естественно-научная культура именно поэтому акцентирует свое внимание на изучении и исследовании природных процессов и законов, ими управляющих. Она стремится к тому, чтобы как можно точнее прочитать бесконечную «книгу природы», овладеть ее силами, познать ее как объективную реальность, существующую независимо от человека.

В то же время история человеческой культуры свидетельствует и о том, что любая духовная деятельность людей протекает не только в форме естественно-научного познания, но и в форме философии, религии, искусства, социальных и гуманитарных наук. Все эти виды деятельности и составляют содержание гуманитарной культуры. Основным предметом гуманитарной культуры, таким образом, является внутренний мир человека, его личностные качества, человеческие взаимоотношения и т.д. Иными словами, важнейшей ее особенностью оказывается то, что главной проблемой для человека оказывается его собственное бытие, смысл, нормы и назначение этого бытия.

Все сказанное выше дает основание утверждать, что между естественно-научным и гуманитарным знанием существуют немалые различия. Эти различия обусловлены не только разными целями, предметами и объектами данных направлений познавательной деятельности, но и двумя основными способами процесса мышления, имеющими физиологическую природу. Сегодня достоверно известно, что мозг человека функционально асимметричен: правое его полушарие связано с образным интуитивным типом мышления, а левое — с логическим. Преобладание того или иного типа мышления определяет склонность человека к рациональному или художественному типу восприятия мира.

Рациональное знание служит основой естественно-научной культуры, поскольку ориентировано на разделение, сравнение, измерение и распределение по категориям знаний и информации об окружающем мире. Оно наиболее приспособлено для формализации, накопления и трансляции постоянно увеличивающегося количества знаний. В совокупности различных фактов, событий и проявлений окружающего мира оно вскрывает общее, устойчивое, необходимое и закономерное, придает им системный характер путем логического осмысления. В силу перечисленных особенностей для естественно-научного знания свойственны стремление к истине, выработка специального языка для максимально точного и однозначного выражения полученного знания.

Интуитивное мышление, напротив, выступает основой для гуманитарного знания, поскольку оно отличается индивидуальным характером и поэтому не может быть подвержено строгой классификации или формализации. Оно основывается на внутренних переживаниях человека и не имеет строгих объективных критериев истинности. Однако оно обладает огромной познавательной силой, так как ассоциативно и метафорично по своему характеру. Используя метод аналогии, оно способно выходить за рамки логических конструкций и рождать новые явления материальной и духовной культуры.

Таким образом, естественно-научная и гуманитарная культуры обособлены не случайно, их различия велики. Вместе с тем данное

разделение не исключает их исходной взаимозависимости, которая не носит характера несовместимых противоположностей, а выступает скорее как взаимодополняемость. Острота и актуальность проблемы взаимодействия двух культур состоит в том, что они оказались слишком дистанцированными друг от друга. Одна из них исследует природу «саму по себе», а другая — человека и общество «самих по себе». При этом взаимодействие человека и природы каждая из культур рассматривает либо только в познавательном, либо только в «покорительном» плане, в то время как обращение к бытию человека требует углубления единства не только естественно-научной и гуманитарной культур, но и единства всей человеческой культуры в целом. Однако решение этой проблемы упирается в парадокс, заключающийся в том, что законы природы для всех людей и везде одинаковы, но различны и до враждебности несовместимы мировоззрения, нормы и идеалы отношения к себе, к другим людям и окружающему миру.

Констатация факта существования определенных различий между естественно-научной и гуманитарной культурами не отменяет возможности единства между ними, которое может быть достигнуто только при их прямом взаимодействии. Сегодня очевидно, что как в естественно-научном, так и в гуманитарном знании усиливаются интеграционные процессы за счет прямых связей между естественными и гуманитарными науками и за счет общих методов исследования. В этом процессе обогащается техническое оснащение гуманитарных исследований. Тем самым устанавливаются связи гуманитарных наук с естественными, которые также заинтересованы в этом. Так, например, результаты логических и лингвистических исследований используются в разработке информационных средств естествознания. Все большее значение также приобретают совместные разработки естественников и гуманитариев в сфере этических и правовых проблем науки.

В последние годы под влиянием достижений научно-технического прогресса и такого нового общенаучного метода исследований, как системный подход, прежняя конфронтация между естествоиспытателями и гуманитариями значительно ослабла. Гуманитарии поняли важность и необходимость использования в своих знаниях не только технических и информационных средств естествознания и точных наук, но и эффективных научных методов исследования, которые первоначально возникли в рамках естествознания. Например, экспериментальный метод исследования из естественных наук проникает в гуманитарные (социологию, психологию). В свою очередь, естествоиспытатели все чаще обращаются к опыту гуманитарного познания. Таким образом, можно говорить о гуманитаризации естествознания и сциентизации гуманитарного знания, активно происходящих в наши дни и стирающих границы между двумя культурами.

1.3. Критерии научного знания

На протяжении всей своей истории человечество накопило огромное количество различных по своему характеру знаний о мире. Наряду с научными существуют религиозные, мифологические, обыденные знания и т.д. Существование различных видов знания ставит вопрос о критериях, позволяющих отличить научное знание от ненаучного.

Мы выделяем четыре критерия научного знания: 1) системность знания; 2) наличие отработанного механизма для получения новых знаний; 3) теоретичность знания; 4) рациональность знания.

Системность знания

Первым из научных критериев является *системность* знания. Система в отличие от суммы неких элементов характеризуется внутренним единством, невозможностью изъятия либо добавления без веских оснований каких-либо элементов в ее структуру. Научное знание всегда выступает в качестве определенных систем: в этих системах есть исходные принципы, фундаментальные понятия (аксиомы), а также знания, выводимые из этих принципов и понятий по законам логики. Кроме того, система включает в себя важные для данной науки интерпретированные опытные факты, эксперименты, математический аппарат, практические выводы и рекомендации. Хаотический набор верных высказываний сам по себе наукой считаться не может.

Наличие отработанного механизма для получения новых знаний

Вторым критерием науки является *наличие отработанного механизма для получения новых знаний.* Иными словами, наука — это не просто система знаний, но и деятельность по их получению, что предусматривает не только отработанную методику практического и теоретического исследований, но и наличие людей, специализирующихся на этой деятельности, соответствующих организаций, координирующих исследования, а также необходимых материалов, технологий и средств фиксации информации. Это означает, что наука появляется только тогда, когда для этого создаются объективные условия в обществе, т.е. имеется достаточно высокий уровень развития цивилизации.

Теоретичность знания

Третьим критерием научности является *теоретичность знания,* определяющая цели научного познания. Теоретичность знания

предполагает получение истины ради самой истины, а не ради практического результата. Если наука направлена только на решение практических задач, она перестает быть наукой в полном смысле этого слова. В основе науки лежат фундаментальные исследования, чистый интерес к окружающему миру, а затем уже на их основе проводятся прикладные исследования, если их допускает существующий уровень развития техники. Так, на Древнем Востоке научные знания использовались лишь в религиозных магических ритуалах и церемониях либо в непосредственной практической деятельности, поэтому в данном случае мы не можем говорить о наличии науки как самостоятельной сферы культуры.

Рациональность знания. Наличие эсприментального метода исследования

Четвертым критерием научности является *рациональность знания.* В основе рационального стиля мышления лежит признание существования универсальных, доступных разуму причинных связей, а также формального доказательства в качестве главного средства обоснования знания. Сегодня это положение кажется тривиальным, однако познание мира преимущественно с помощью разума появилось только в Древней Греции. Восточная цивилизация так и не приняла этого специфически европейского пути, отдавая приоритет интуиции и сверхчувственному восприятию.

Для науки, начиная с Нового времени, вводится дополнительный, пятый критерий научности — это *наличие экспериментального метода исследования,* а также математизация науки. Данный критерий связал современную науку с практикой, создал современную цивилизацию, ориентированную на сознательное преобразование окружающего мира в интересах человека.

Как отличить подлинную науку от псевдонауки

Пользуясь введенными критериями, можно всегда отличить научное знание от ненаучного. Это особенно важно в наши дни, так как в последнее время всегда существовавшая рядом с наукой псевдонаука пользуется все большей популярностью и привлекает к себе все большее число сторонников и приверженцев.

Опасность псевдонауки заключается в том, что она, пользуясь авторитетом науки, паразитирует на ней. Никакого вклада в развитие подлинной науки псевдонаука не вносит, однако претендует на те привилегии, которыми обладают ученые. Нередко среди представителей псевдонауки встречаются настоящие мошенники, пользующиеся тем доверием, которое испытывает современный человек

к научному знанию. Массовое сознание, которое не видит разницы между наукой и псевдонаукой, нередко сочувственно относится к псевдоученым, которые, в отличие от настоящих ученых, стремятся находиться на виду. Поэтому следует четко представлять себе, что такое псевдонаука, знать, чем она отличается от подлинной науки.

Важнейшим отличием науки от псевдонауки является *содержание знания:* утверждения псевдонаук обычно не согласуются с установленными фактами, не выдерживают объективной экспериментальной проверки. Так, уже много раз ученые пытались проверить точность астрологических прогнозов, сравнивая род занятий людей и их тип личности с составленными для них гороскопами, в которых учитывался знак Зодиака, расположение планет в момент рождения и прочее, но никаких значимых соответствий обнаружено не было.

Структура псевдонаучных знаний обычно не носит системного характера, а отличается *фрагментарностью.* В результате их обычно невозможно логично вписать в сколько-нибудь подробную картину мира.

Для псевдонауки также свойственен *некритический анализ исходных данных,* что позволяет принимать в качестве таковых мифы, легенды, рассказы из третьих рук, пренебрежение противоречащими фактами, игнорирование тех данных, которые противоречат доказываемой концепции. Нередко дело доходит до прямого подлога, подтасовки фактов.

Несмотря на это, псевдонаука пользуется большим успехом. И для этого есть основания. Одно из них — принципиальная неполнота научного мировоззрения, оставляющая место для догадок и измышлений. Но если раньше эти пустоты в основном заполнялись религией, то сегодня они заняты псевдонаукой, чьи аргументы, может быть, и неверны, но зато понятны всем. Психологически обычному человеку понятнее и приятнее псевдонаучные объяснения, оставляющие место чудесам, в которых нуждается человек, чем сухие научные рассуждения, которые к тому же зачастую невозможно понять без специального образования. Поэтому корни псевдонауки кроются в самой природе человека.

По своему содержанию псевдонаука не является однородной, в ней можно выделить несколько категорий псевдонаук.

Первой категорией являются реликтовые псевдонауки, среди которых всем известные астрология и алхимия. Когда-то они были источником знаний о мире, питательной средой для зарождения подлинной науки. Псевдонауками они стали после появления химии и астрономии.

В Новое время появились оккультные псевдонауки — спиритизм, месмеризм, парапсихология. Общим для них является признание существования потустороннего (астрального) мира, не подчиняющегося физическим законам. Считается, что это — высший по отношению к нам мир, в котором возможны любые чудеса. Свя-

зываться с этим миром можно через медиумов, экстрасенсов, телепатов, при этом возникают различные паранормальные явления, которые и становятся предметом изучения псевдонауки.

В XX в. появились модернистские псевдонауки, в которых мистическая основа старых псевдонаук преобразовалась под воздействием научной фантастики. Среди таких наук ведущее место принадлежит уфологии, занимающейся изучением НЛО.

Как же отличить подлинную науку от подделок под нее? Для этого методологами науки, помимо уже названных нами критериев научности, сформулировано несколько важнейших принципов.

Первый из них — это *принцип верификации,* утверждающий, что если какое-либо понятие или суждение сводимо к непосредственному опыту, т.е. эмпирически проверяемо, то оно имеет смысл. Различают непосредственную верификацию, когда происходит прямая проверка утверждений, и косвенную верификацию, когда устанавливаются логические отношения между косвенно верифицируемыми утверждениями. Поскольку понятия развитой научной теории, как правило, трудно свести к данным опыта, то для них используется косвенная верификация, которая утверждает, что если невозможно опытным путем подтвердить какое-то понятие или суждение теории, то можно ограничиться экспериментальным подтверждением выводов их них. Так, хотя понятие «кварк» было введено в физике еще в 30-е гг. XX в., однако в экспериментах такой частицы обнаружить не удавалось. Вместе с тем кварковая теория предсказала ряд явлений, которые позволяли опытную проверку. В ходе нее и были получены ожидаемые результаты. Тем самым было косвенно подтверждено и существование кварков.

Однако принцип верификации лишь в первом приближении отделяет научное знание от ненаучного. Более точно работает *принцип фальсификации,* сформулированный крупнейшим философом и методологом науки XX в. К. Поппером. В соответствии с этим принципом научным может считаться только принципиально опровержимое (фальсифицируемое) знание. Давно известно, что никакое количество экспериментальных подтверждений не является достаточным для доказательства теории. Так, мы можем наблюдать сколько угодно примеров, ежеминутно подтверждающих закон всемирного тяготения. Но достаточно лишь одного примера (например, камня, упавшего не на землю, а улетевшего прочь от земли), чтобы признать данный закон ложным. Поэтому ученый должен направлять все свои силы не на поиски еще одного экспериментального доказательства сформулированной им гипотезы или теории, а на попытку опровергнуть свое утверждение. Поэтому критическое стремление опровергнуть научную теорию является наиболее эффективным путем для подтверждения ее научности и истинности. Критическое опровержение выводов и утверждений науки не

дает ей застояться, является важнейшим источником ее развития, хотя и делает любое научное знание гипотетичным, лишая его законченности и абсолютности.

Только истинная наука *не боится ошибиться и признать свои прежние выводы ложными.* В этом — сила науки, ее отличие от псевдонауки, которая лишена этого важнейшего свойства. Поэтому если какая-либо концепция при всей ее наукообразности утверждает, что ее невозможно опровергнуть, отрицает саму возможность иного истолкования каких-либо фактов, то это свидетельствует о том, что мы столкнулись не с наукой, а с псевдонаукой.

1.4. Структура научного знания

Под термином «наука» обычно понимается особая сфера деятельности людей, главной целью которой является выработка и теоретическая систематизация объективных знаний обо всех сторонах и областях действительности. При таком понимании сущности науки она представляет собой систему, многообразные элементы которой связаны между собой общими мировоззренческими и методологическими основаниями. Элементами системы «наука» выступают различные естественные, общественные, гуманитарные и технические научные дисциплины (отдельные науки). Современная наука охватывает более 15 тысяч дисциплин, число профессиональных ученых в мире превысило 5 млн. человек. Поэтому наука сегодня имеет очень сложную структуру и организацию, которую можно рассматривать в нескольких аспектах.

Структура научного знания с точки зрения ориентации на практическое применение

По ориентации на практическое применение науки объединяются в две большие группы: фундаментальные и прикладные.

Фундаментальные науки — это система знаний о наиболее глубоких свойствах объективной реальности, не имеющая выраженной практической направленности.

Эти науки создают теории, объясняющие основы бытия людей; фундаментальные знания этих теорий определяют особенности представления человека о мире и самом себе, т.е. являются основанием для научной картины мира. Как правило, фундаментальные исследования проводятся в силу не внешних (социальных) потребностей, а внутренних (имманентных) стимулов. Поэтому для фун-

даментальных наук характерна аксиологическая (ценностная) нейтральность. Открытия и достижения фундаментальных наук являются определяющими в формировании естественно-научной картины мира, изменения парадигмы научного мышления. В фундаментальных науках вырабатываются базовые модели познания, выявляются понятия, принципы и законы, составляющие основание прикладных наук. К фундаментальным наукам относятся математика, естественные науки (астрономия, физика, химия, биология, антропология и др.), социальные науки (история, экономика, социология, философия и др.), гуманитарные науки (филология, психология, культурология и т.д.).

Прикладные науки рассматриваются как система знаний, имеющая выраженную практическую ориентацию.

Опираясь на результаты фундаментальных исследований, они ориентируются на решение конкретных проблем, связанных с интересами людей. Прикладные науки амбивалентны, т.е. в зависимости от сферы приложения они могут оказывать как позитивное, так и негативное воздействие на человека, таким образом, они ценностно ориентированы. К прикладным наукам относятся технические дисциплины, агрономия, медицина, педагогика и др.

Структура научного знания с точки зрения предметного единства

Также наука должна быть рассмотрена в содержательном аспекте, с точки зрения предметного единства. Поскольку окружающий нас мир может быть разделен на три сферы — природу, общество и человека, науки также делятся на т р и группы: 1) естествознание (наука о природе), 2) обществознание (наука о видах и формах общественной жизни) и 3) гуманитарное знание, изучающее человека как мыслящее существо. Каждая из них, в свою очередь, представляет сложный комплекс множества взаимодействующих между собой самостоятельных наук.

Так, в естествознание, предметом которого является природа как единое целое, входят физика, химия, биология, науки о Земле, астрономия, космология и т.д., в обществознание — экономические науки, право, социология, политические науки. Среди гуманитарных наук необходимо выделить психологию, логику, культурологию, языкознание, искусствоведение и др. Особое место в нашей схеме занимает математика, которая вопреки широко распространенному заблуждению не является частью естествознания. Это междисциплинарная наука, которая используется как естественны-

ми, так общественными и гуманитарными науками. Очень часто математику называют универсальным языком науки, цементом, скрепляющим ее здание. Особое место математики определяется предметом ее исследования. Математика — наука о количественных отношениях действительности (все остальные науки имеют своим предметом какую-либо качественную сторону действительности), она имеет более общий, абстрактный характер, чем все остальные науки, ей все равно, что считать.

1.5. Научная картина мира

В процессе познания окружающего мира результаты познания отражаются и закрепляются в сознании человека в виде знаний, умений, навыков, типов поведения и общения. Совокупность результатов познавательной деятельности человека образует определенную модель, или картину мира. В истории человечества было создано и существовало довольно большое количество самых разнообразных картин мира, каждая из которых отличалась своим видением мира и специфическим его объяснением. Однако самое широкое и полное представление о мире дает научная картина мира, которая включает в себя важнейшие достижения науки, создающие определенное понимание мира и места человека в нем. В нее не входят частные знания о различных свойствах конкретных явлений, о деталях самого познавательного процесса. Научная картина мира не является совокупностью всех знаний человека об объективном мире, она представляет собой целостную систему представлений об общих свойствах, сферах, уровнях и закономерностях реальной действительности.

По своей сути **научная картина мира** — это особая форма систематизации знаний, качественное обобщение и мировоззренческий синтез различных научных теорий.

Будучи целостной системой представлений об общих свойствах и закономерностях объективного мира, научная картина мира существует как сложная структура, включающая в себя в качестве составных частей общенаучную картину мира и картины мира отдельных наук (физическая, биологическая, геологическая и т.п.). Картины мира отдельных наук, в свою очередь, включают в себя соответствующие многочисленные концепции — определенные способы понимания и трактовки каких-либо предметов, явлений и процессов объективного мира, существующие в каждой отдельной науке.

Основой современной научной картины мира являются фундаментальные знания, полученные, прежде всего, в области физики. Однако в последние десятилетия прошлого века все больше утверждалось мнение, что в современной научной картине мира лидирующее положение занимает биология. Это выражается в усилении влияния, которое оказывает биологическое знание на содержание научной картины мира. Идеи биологии постепенно приобретают универсальный характер и становятся фундаментальными принципами других наук. В частности, в современной науке такой универсальной идеей является идея развития, проникновение которой в космологию, физику, химию, антропологию, социологию и т.д. привело к существенному изменению взглядов человека на мир.

Понятие научной картины мира — одно из основополагающих в естествознании. На протяжении своей истории оно прошло несколько этапов развития и, соответственно, формирования научных картин мира по мере доминирования какой-либо отдельной науки или отрасли наук, опирающейся на новую теоретическую, методологическую и аксиологическую систему взглядов, принятых в качестве основания для решения научных задач. Подобная система научных взглядов и установок, разделяемая преобладающим большинством ученых, называется *научной парадигмой.*

Применительно к науке термин «парадигма» в самом общем понимании означает совокупность идей, теорий, методов, концепций и образцов решения различных научных проблем. Можно сказать, что парадигма отвечает на несколько важнейших вопросов: «Что изучать?», «Как изучать?», «Какими методами?». В науковедении принято рассматривать парадигмы в двух аспектах: эпистемологическом (теоретико-познавательном) и социальном. В эпистемологическом плане парадигма представляет собой совокупность фундаментальных знаний, ценностей, убеждений и технических приемов, выступающих в качестве образца научной деятельности. В социальном отношении парадигма определяет целостность и границы научного сообщества, разделяющего ее (парадигмы) основные положения.

На уровне парадигмы формируются основные нормы отграничения научного знания от ненаучного. В период господства в науке какой-либо парадигмы происходит относительно спокойное развитие науки, но с течением времени оно сменяется формированием новой парадигмы, которая утверждается посредством научной революции, т.е. переходом на новую систему научных ценностей и миропонимания. Смена парадигмы приводит к смене стандартов научности. Философское понятие парадигмы является продуктивным при описании базовых теоретико-методологических основ научного изучения мира и часто используется в практике современной науки и разработке новых концепций в естествознании.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Алексеев В.П., Панин А.В.* Философия. Учебник. М., 1998.
2. *Бернал Дж.* Наука в истории общества. М., 1956.
3. *Естественнонаучное* и социогуманитарное знание: методологические аспекты взаимодействия. Л., 1990.
4. *Наука* и ее место в культуре. Новосибирск, 1990.
5. *Научный* прогресс: когнитивный и социокультурный аспект. М., 1993.
6. *Основы* науковедения. М., 1985.
7. *Сноу Ч.П.* Портреты и размышления. М., 1985.
8. *Степин В.С., Кузнецова Л.Ф.* Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации. М.. 1994.
9. *Степин В.С.* Философия науки. М., 2003.
10. *Философия* и методология науки / Под ред. В.И. Купцова. М., 1996.

Глава 2
Структура и методы научного познания

2.1. Уровни и формы научного познания

Уровни научного познания

В современном естествознании обычно выделяют эмпирический и теоретический уровни познания.

Эмпирический уровень познания. На эмпирическом (опытном) уровне познания используются главным образом методы, опирающиеся на чувственно-наглядные приемы и способы познания, такие, как систематическое наблюдение, сравнение, аналогия и т.д. Здесь накапливается первичный опытный материал, который требует дальнейшей обработки и обобщения. На данном уровне познание имеет дело с фактами и их описанием. Вся научная информация основана на наблюдениях и подвергается объективной проверке. Непосредственные наблюдения ограничиваются только ощущениями, полученными от пяти органов чувств. Эти данные можно проверить, поскольку наши органы чувств могут обманываться и предоставлять нам неверную информацию.

К сожалению, сами по себе эмпирические факты и обобщения мало что объясняют. Можно сделать наблюдение, что на Земле любой предмет (а не только яблоки) будет падать сверху вниз. Но еще один непреложный факт — то, что звезды и планеты, которые мы можем увидеть у себя над головой, на Землю не падают. Выявить разницу между этими событиями, а также объяснить их причину на уровне эмпирического обобщения невозможно. Чтобы это понять, нужно пойти дальше и перейти с эмпирического на теоретический уровень познания.

Теоретический уровень познания. Только на этом уровне становится возможным формулирование законов, являющееся целью науки. Для этого нужно уметь увидеть за многочисленными, часто совершенно непохожими внешне фактами, именно существенные, а не просто повторяющиеся свойства и характеристики предметов и явлений.

Главная задача теоретического уровня познания заключается в том, чтобы привести полученные данные в стройную систему и

создать из них научную картину мира. Для этого отдельные чувственные данные складываются в одну целостную систему — теорию Но при построении теории используются другие, более высокие методы познания — теоретические.

Теоретический уровень познания обычно расчленяется на два типа — фундаментальные теории и теории, которые описывают конкретную область реальности. Так, механика описывает материальные точки и взаимоотношения между ними, а на основе ее принципов строятся различные конкретные научные теории, описывающие те или иные области реального мира.

При всех различиях между эмпирическим и теоретическим уровнями познания нет непреодолимой границы: теоретический уровень опирается на данные эмпирического, а эмпирическое знание не может существовать без теоретических представлений, оно обязательно погружено в определенный теоретический контекст.

Формы научного познания

К основным формам научного познания относятся научные факты, проблемы, гипотезы и теории. Их назначение состоит в том, что они раскрывают динамику процесса познания, т.е. движение и развитие знания в ходе исследования или изучения какого-либо объекта.

Фундаментом всего научного знания являются *научные факты,* с установления которых начинается научное познание. Научный факт — это отражение конкретного явления в человеческом сознании, т.е. его описание с помощью языка науки (обозначение, термины и т.п.). Одним из важнейших свойств научного факта является его достоверность, которая обусловливается возможностью его воспроизведения с помощью различных экспериментов. Чтобы факт считался достоверным, требуется его подтверждение в ходе многочисленных наблюдений или экспериментов. Так, если мы один раз увидели, что яблоко с дерева падает на землю, то это всего лишь единичное наблюдение. Но если мы фиксировали подобные падения неоднократно, то можно говорить о достоверном факте. Подобные факты составляют эмпирический, т.е. опытный, фундамент науки.

Трудность заключается в том, что в непосредственном наблюдении зафиксировать сущностные характеристики предмета практически невозможно. Поэтому прямо перейти с эмпирического на теоретический уровень познания тоже нельзя. Теория не строится путем непосредственного индуктивного обобщения опыта. Поэтому следующим шагом в научном познании становится *формулирование проблемы.*

Проблема определяется как «знание о незнании», как форма знания, содержанием которой является осознанный вопрос, для ответа на который имеющихся знаний недостаточно. Любое научное исследова-

ние начинается с выдвижения проблемы, что свидетельствует о возникновении трудностей в развитии науки, когда вновь обнаруженные факты не удается объяснить существующими знаниями. Поиск, формулирование и решение проблем — основная черта научной деятельности. Проблемы отделяют одну науку от другой, задают характер научной деятельности как подлинно научной или псевдонаучной.

В свою очередь, наличие проблемы при осмыслении необъяснимых фактов влечет за собой предварительный вывод, требующий своего экспериментального, теоретического и логического подтверждения. Такого рода предположительное знание, истинность или ложность которого еще не доказана, называется *научной гипотезой.*

Гипотеза — это знание в форме предположения, сформулированного на основе ряда достоверных фактов.

По своему происхождению гипотетическое знание носит вероятностный, а не достоверный характер и поэтому требует обоснования и проверки. Если в ходе проверки содержание гипотезы не согласуется с эмпирическими данными, то гипотеза отвергается. Если же гипотеза подтверждается, то можно говорить о той или иной степени вероятности гипотезы. Чем больше фактов, подтверждающих гипотезу, найдено, тем выше ее вероятность. Таким образом, в результате проверки одни гипотезы становятся теориями, другие уточняются и конкретизируются, а третьи отбрасываются как заблуждения, если их проверка дает отрицательный результат. Решающим критерием истинности гипотезы является практика во всех своих формах, а вспомогательную роль при этом играет логический критерий истины.

Выдвижение гипотез — один из самых сложных моментов в науке. Ведь они не связаны прямо с предшествующим опытом, который лишь дает толчок к размышлениям. Огромную роль играют интуиция и талант, отличающие настоящих ученых, имена которых нам известны из школьных учебников. Интуиция важна так же, как и логика. Ведь рассуждения в науке не являются доказательствами, это только выводы, которые свидетельствуют об истинности рассуждений, если посылки верны, но они ничего не говорят об истинности самих посылок. Выбор посылок связан с практическим опытом и интуицией ученого, который из огромного множества эмпирических фактов и обобщений должен выбрать действительно важные. Затем ученый должен выдвинуть предположение, объясняющее эти факты, а также целый ряд явлений, еще не зафиксированных в наблюдениях, но относящихся к этому же классу событий. При выдвижении гипотезы принимается во внимание не только ее соответствие эмпирическим данным, но и требования простоты, красоты и экономичности мышления.

В случае своего подтверждения гипотеза становится теорией.

Теория — это логически обоснованная и проверенная на практике система знаний, дающая целостное отображение закономерных и существенных связей в определенной области объективной реальности.

Главная задача теории — описать, систематизировать и объяснить все множество эмпирических фактов. Иными словами, теория представляет собой систему истинного, уже доказанного, подтвержденного знания о сущности явлений, высшую форму научного знания, всесторонне раскрывающую структуру, функционирование и развитие изучаемого объекта, взаимоотношения всех его элементов, сторон и связей.

Научная теория — это развивающаяся система знания, главными элементами которой являются принципы и законы. *Принципы* — это наиболее общие и важные фундаментальные положения теории. В теории принципы играют роль исходных, основных и первичных посылок, образующих фундамент теории. В свою очередь, содержание каждого принципа раскрывается с помощью *законов,* которые конкретизируют принципы, объясняют механизм их действия, логику взаимосвязи вытекающих из них следствий. На практике законы выступают в форме теоретических утверждений, отражающих общие связи изучаемых явлений, объектов и процессов.

Раскрывая сущность объектов, законы их существования, взаимодействия, изменения и развития, теория позволяет объяснять изучаемые явления, предсказывать новые, еще не известные факты и характеризующие их закономерности, прогнозировать поведение изучаемых объектов в будущем. Таким образом, теория выполняет две важнейшие функции: объяснение и предсказание, т.е. научное предвидение.

2.2. Методы научного познания

Процесс познания окружающего нас мира в самом общем виде представляет собой решение разного рода задач, возникающих в ходе практической деятельности человека. Эти проблемы решаются путем использования особых приемов — методов.

Научный метод — это совокупность приемов и операций практического и теоретического познания действительности.

Они оптимизируют деятельность человека, вооружают его наиболее рациональными способами организации деятельности.

На *эмпирическом* уровне происходит сбор фактов и информации (установление фактов, их регистрация, накопление), а также их описание (изложение фактов и их первичная систематизация).

Теоретическая сторона связана с объяснением и обобщением фактов, созданием новых теорий, выдвижением гипотез, открытием новых законов, а также предсказанием новых фактов в рамках этих теорий. С их помощью вырабатывается научная картина мира, что важно для осуществления мировоззренческой функции науки.

В основе методов науки лежит единство эмпирических и теоретических сторон. Они взаимосвязаны и обусловливают друг друга. Их разрыв, или преимущественное развитие одной стороны за счет другой, закрывает путь к правильному познанию природы: теория становится беспредметной, опыт — слепым.

Помимо выделения двух уровней познания, в основу классификации научных методов может быть положена применяемость метода, возможность его использования в разных сферах человеческой деятельности. В таком случае можно выделить общие, особенные и частные методы научного познания.

Общие методы научного познания

Общие методы познания касаются любого предмета, любой науки. Это различные формы метода, дающего возможность связывать воедино все стороны процесса познания, все его ступени. Это, скорее, общефилософские методы познания. В истории философии можно найти только два таких метода — метафизический и диалектический. До конца XIX в. в науке господствовал метафизический метод, и лишь с XX в. он уступил свое место диалектическому методу познания. Оба этих метода лишь намечают границы познания.

Частные методы научного познания

Частные методы научного познания — это специальные методы, действующие только в пределах отдельной отрасли науки. Таков, в частности, метод кольцевания птиц, применяемый в зоологии. Иногда частные методы могут использоваться за пределами той области знания, в которой они возникли. Так, методы физики, применяемые в других отраслях естествознания, привели к созданию астрофизики, геофизики, кристаллофизики и других междисциплинарных наук. Нередко применяется комплекс взаимосвязанных частных методов к изучению одного предмета. Например, молекулярная биология одновременно пользуется методами физики, математики, химии, кибернетики.

Хотя частные методы и способы исследования в разных науках могут заметно отличаться друг от друга, однако общий подход этих

методов к процессу познания остается в сущности одним и тем же. Все они определяют тактику исследования. Стратегию исследования определяют особенные методы познания. Кроме того, все частные методы познания связаны с определенными сторонами или сочетаниями особенных методов.

Особенные методы научного познания

Особенные методы научного познания используются большинством наук на разных этапах познавательной деятельности и касаются определенной стороны изучаемого предмета или приема исследования. Именно среди особенных методов можно выделить эмпирический и теоретический уровни познания. Таким образом, существуют особенные методы, проявляющиеся:

- на эмпирическом уровне познания (особенные эмпирические методы);
- на теоретическом уровне познания (особенные теоретические методы);
- методы, действующие как на эмпирическом, так и на теоретическом уровнях познания (особенные универсальные методы).

Остановимся подробнее на этих трех группах особенных методов научного познания.

2.3. Особенные эмпирические методы научного познания

К особенным эмпирическим методам научного познания относятся наблюдение, измерение и эксперимент.

Наблюдение

Наблюдение — это целенаправленный строгий процесс восприятия предметов действительности, которые не должны быть изменены.

Сущностью наблюдения является чувственное отражение предметов и явлений объективного мира, в ходе которого мы получаем некую первичную информацию о них. Поэтому исследование любых интересующих объектов окружающего нас мира чаще всего начинают с наблюдения, и лишь затем переходят к другим методам изучения.

Результаты наблюдения должны фиксироваться в описании, отмечающем те свойства и стороны изучаемого объекта, которые яв-

ляются предметом исследования ученого. Такое описание должно быть максимально полным, точным и объективным. Ведь оно должно дать достоверную и адекватную картину изучаемого явления. Именно описания результатов наблюдений составляют эмпирический базис науки, на их основе создаются эмпирические обобщения, систематизации и классификации.

Измерение

Измерение — это определение количественных значений (характеристик) изучаемых сторон или свойств объекта исследования с помощью специальных технических устройств.

Эти устройства могут работать как в руках человека, так и в автоматическом режиме. Современные компьютеры позволяют проводить не только процедуру измерения, но и обрабатывать полученные данные.

Большую роль в исследовании играют единицы измерения — эталоны, с которыми сравниваются полученные данные. Они могут быть основными, или базисными, и производными, выводимыми из них с помощью математических операций.

За последние четыре века бурного развития естествознания образовалось множество различных систем единиц измерения, что затрудняло работу ученых. Поэтому в 1960 г. Генеральная конференция по мерам и весам приняла Международную систему единиц — СИ. Она базируется на семи основных (метр (м) — единица длины, килограмм (кг) — единица массы, секунда (с) — единица времени, ампер (А) — сила электрического тока, кельвин (К) — термодинамическая температура в градусах, кандела (кд) — сила света, моль — количество вещества) и двух дополнительных (радиан (рад) — плоский угол, стерадиан (ср) — телесный угол) единицах. Сегодня большая часть измерительных приборов градуируется в этих единицах.

На основании данных единиц измерения введены производные единицы — площади, объема, частоты, скорости, ускорения и др.

Развитие науки немыслимо без развития измерительной техники. Можно говорить как о совершенствовании давно известных приборов, так и о появлении принципиально новых инструментов, сконструированных на основе недавно появившихся в науке гипотез и теорий.

Частным случаем измерения является *сравнение.* Оно позволяет оценить различные объекты и соотнести их друг с другом.

Эксперимент

Эксперимент — более сложный метод эмпирического познания по сравнению с наблюдением, без которого он не обходится.

Эксперимент — это целенаправленное и строго контролируемое воздействие исследователя на интересующий его объект для изучения различных его сторон, связей и отношений.

Таким образом, в ходе эксперимента ученый может вмешиваться в естественный ход процессов, преобразовывать объект исследования, помещать его в искусственные условия.

Специфика эксперимента состоит также в том, что он позволяет увидеть объект или процесс в «чистом» виде за счет максимального исключения воздействия посторонних факторов. Ведь в обычных условиях все природные процессы крайне сложны и запутанны, не поддаются полному контролю и управлению. Поэтому экспериментатор отделяет существенные факторы от несущественных и тем самым значительно упрощает ситуацию. Такое упрощение способствует более глубокому пониманию сути явлений и процессов и дает возможность контролировать немногие важные для данного эксперимента факторы и величины.

2.4. Особенные теоретические методы научного познания

Абстрагирование, идеализация, формализация

К особенным методам научного познания относятся процедуры абстрагирования и идеализации, в ходе которых образуются научные понятия.

Абстрагирование — мысленное отвлечение от всех свойств, связей и отношений изучаемого объекта, которые представляются несущественными для данной теории.

Результат процесса абстрагирования называется *абстракцией.* Примером абстракций являются такие понятия, как точка, прямая, множество и т.д.

Идеализация — это операция мысленного выделения какого-либо одного, важного для данной теории свойства или отношения (не обязательно, чтобы это свойство существовало реально), и мысленного конструирования объекта, наделенного этим свойством.

Именно посредством идеализации образуются такие понятия, как «абсолютно черное тело», «идеальный газ», «атом» в классической физике и т.д. Полученные таким образом идеальные объекты в действительности не существуют, так как в природе не может быть предметов и явлений, имеющих только одно свойство или качество. В этом состоит главное отличие идеальных объектов от абстрактных.

Формализация — использование специальной символики вместо реальных объектов.

Ярким примером формализации является широкое использование математической символики и математических методов в естествознании. Формализация дает возможность исследовать объект без непосредственного обращения к нему и записывать полученные результаты в краткой и четкой форме.

Индукция

Индукция — метод научного познания, представляющий собой формулирование логического умозаключения путем обобщения данных наблюдения и эксперимента, получение общего вывода на основании частных посылок, движение от частного к общему.

Различают полную и неполную индукцию. *Полная индукция* строит общий вывод на основании изучения всех предметов или явлений данного класса. В результате полной индукции полученное умозаключение имеет характер достоверного вывода. Но в окружающем нас мире не так много подобных объектов одного класса, число которых ограниченно настолько, что исследователь может изучить каждый из них.

Поэтому гораздо чаще ученые прибегают к *неполной индукции,* которая строит общий вывод на основании наблюдения ограниченного числа фактов, если среди них не встретились такие, которые противоречат индуктивному умозаключению. Например, если ученый в ста или более случаях наблюдает один и тот же факт, он может сделать вывод, что этот эффект проявится и при других сход ных обстоятельствах. Естественно, что добытая таким путем истин неполна, полученное знание носит вероятностный характер и тре бует дополнительного подтверждения.

Дедукция

Индукция не может существовать в отрыве от дедукции.

Дедукция — метод научного познания, представляющий собой получение частных выводов на основе общих знаний, вывод от общего к частному.

Дедуктивное умозаключение строится по следующей схеме: все предметы класса *A* обладают свойством *B,* предмет *a* относится к классу *A;* следовательно, *a* обладает свойством *B*. Например: «Все люди смертны»; «Иван — человек»; следовательно, «Иван — смертен».

Дедукция как метод познания исходит из уже познанных законов и принципов. Поэтому метод дедукции не позволяет получить содержательно нового знания. Дедукция представляет собой лишь способ логического развертывания системы положений на базе исходного знания, способ выявления конкретного содержания общепринятых посылок. Поэтому она не может существовать в отрыве от индукции. Как индукция, так и дедукция незаменимы в процессе научного познания.

Гипотеза

Решение любой научной проблемы включает выдвижение различных догадок, предположений, а чаще всего более или менее обоснованных гипотез, с помощью которых исследователь пытается объяснить факты, не укладывающиеся в старые теории.

Гипотеза представляет собой всякое предположение, догадку или предсказание, выдвигаемое для устранения ситуации неопределенности в научном исследовании.

Поэтому гипотеза — это не достоверное, а вероятное знание, истинность или ложность которого еще не установлена.

2.5. Особенные универсальные методы научного познания

К универсальным методам научного познания относятся аналогия, моделирование, анализ и синтез.

Аналогия

Аналогия — метод познания, при котором происходит перенос знания, полученного при рассмотрении какого-либо одного объекта, на другой, менее изученный, но схожий с первым объектом по каким-то существенным свойствам.

Метод аналогии основывается на сходстве предметов по ряду каких-либо признаков, причем сходство устанавливается в результате

сравнения предметов между собой. Таким образом, в основе метода аналогии лежит метод сравнения.

Применение метода аналогии в научном познании требует определенной осторожности. Дело в том, что можно принять чисто внешнее, случайное сходство между двумя объектами за внутреннее, существенное, и на этом основании сделать вывод о сходстве, которого на самом деле нет. Так, хотя и лошадь, и автомобиль используются как транспортные средства, было бы неверным переносить знания об устройстве машины на анатомию и физиологию лошади. Данная аналогия будет ошибочной.

Тем не менее, метод аналогии занимает намного более значимое место в познании, чем это может показаться на первый взгляд. Ведь аналогия не просто намечает связи между явлениями. Важнейшей особенностью познавательной деятельности человека является то, что наше сознание не способно воспринять абсолютно новое знание, если у него нет точек соприкосновения с уже известным нам знанием. Именно поэтому при объяснении нового материала на занятиях всегда прибегают к примерам, которые и должны провести аналогию между известным и неизвестным знанием.

Моделирование

Метод аналогии тесно связан с методом моделирования.

Метод моделирования предполагает изучение каких-либо объектов посредством их моделей с дальнейшим переносом полученных данных на оригинал.

В основе этого метода лежит существенное сходство объекта-оригинала и его модели. К моделированию следует относиться с той же осторожностью, что и к аналогии, строго указывать пределы и границы допустимых при моделировании упрощений.

Современной науке известно несколько типов моделирования: предметное, мысленное, знаковое и компьютерное.

Предметное моделирование представляет собой использование моделей, воспроизводящих определенные геометрические, физические, динамические или функциональные характеристики прототипа. Так, на моделях исследуются аэродинамические качества самолетов и других машин, ведется разработка различных сооружений (плотин, электростанций и др.).

Мысленное моделирование — это использование различных мысленных представлений в форме воображаемых моделей. Широко известна идеальная планетарная модель атома Э. Резерфорда, напоминавшая Солнечную систему: вокруг положительно заряженно-

го ядра (Солнца) вращались отрицательно заряженные электроны (планеты).

Знаковое (символическое) моделирование использует в качестве моделей схемы, чертежи, формулы. В них в условно-знаковой форме отражаются какие-то свойства оригинала. Разновидностью знакового является математическое моделирование, осуществляеемое средствами математики и логики. Язык математики позволяет выразить любые свойства объектов и явлений, описать их функционирование или взаимодействие с другими объектами с помощью системы уравнений. Так создается математическая модель явления. Часто математическое моделирование сочетается с предметным моделированием.

Компьютерное моделирование получило широкое распространение в последнее время. В данном случае компьютер является одновременно и средством, и объектом экспериментального исследования, заменяющим оригинал. Моделью при этом является компьютерная программа (алгоритм).

Анализ

Анализ — метод научного познания, в основу которого положена процедура мысленного или реального расчленения предмета на составляющие его части и их отдельное изучение.

Эта процедура ставит своей целью переход от изучения целого к изучению его частей и осуществляется путем абстрагирования от связи этих частей друг с другом.

Анализ — органичная составная часть всякого научного исследования, являющаяся обычно его первой стадией, когда исследователь переходит от описания нерасчлененного изучаемого объекта к выявлению его строения, состава, а также свойств и признаков. Для постижения объекта как единого целого недостаточно знать, из чего он состоит. Важно понять, как связаны друг с другом составные части объекта, а это можно сделать, лишь изучив их в единстве. Для этого анализ дополняется синтезом.

Синтез

Синтез — метод научного познания, в основу которого положена процедура соединения различных элементов предмета в единое целое, систему, без чего невозможно действительно научное познание этого предмета.

Синтез выступает не как метод конструирования целого, а как метод представления целого в форме единства знаний, полученных с помощью анализа. Важно понять, что синтез вовсе не является простым механическим соединением разъединенных элементов в единую систему. Он показывает место и роль каждого элемента в этой системе, его связь с другими составными частями системы. Таким образом, при синтезе происходит не просто объединение, а обобщение аналитически выделенных и изученных особенностей объекта.

Синтез — такая же необходимая часть научного познания, как и анализ, и идет вслед за ним. Анализ и синтез — это две стороны единого аналитико-синтетического метода познания, которые не существуют друг без друга.

Классификация

Классификация — метод научного познания, позволяющий объединить в один класс объекты, максимально сходные друг с другом в существенных признаках.

Классификация позволяет свести накопленный многообразный материал к сравнительно небольшому числу классов, типов и форм, выявить исходные единицы анализа, обнаружить устойчивые признаки и отношения. Как правило, классификации выражаются в виде текстов на естественных языках, схем и таблиц.

Разнообразие методов научного познания создает трудности в их использовании и понимании их значимости. Эти проблемы решаются особой областью знания — методологией, т.е. учением о методах. Важнейшая задача методологии — изучение происхождения, сущности, эффективности и других характеристик методов познания.

2.6. Общенаучные подходы

Общая характеристика общенаучных подходов

Мы рассмотрели систему методов научного познания, но она не является статичной и неизменной. Появляются новые методы, а уже известные могут в ходе развития науки переходить из одной категории в другую: частные методы превращаются в особенные, особенные — в общие. Кроме того, в современном научном познании особое значение приобретают общенаучные подходы, которые задают определенную направленность научного исследования, фик-

сируют определенный его аспект, но не указывают жестко специфику конкретных исследовательских средств. Общенаучные подходы акцентируют основное направление исследования, «угол зрения» на объект изучения.

Важнейшая черта общенаучных подходов — принципиальная применимость к исследованию любых явлений и любой сферы действительности. Они могут работать во всех без исключения науках. Это обусловлено общенаучным характером категорий, лежащих в основании данных подходов.

Виды общенаучных подходов

К числу общенаучных подходов относятся:

- структурный подход, ориентирующий на изучение внутреннего строения системы, характера и специфики связей между ее элементами;
- функциональный подход, изучающий функциональные зависимости элементов данной системы, а также ее входных и выходных параметров;
- алгоритмический подход, использующийся при описании информационных процессов, функционирования систем управления и в других случаях, когда существует возможность представить изучаемое явление в виде процесса, происходящего по строгим правилам;
- вероятностный подход, нацеливающий исследователя на выявление статистических закономерностей, ориентирует на изучение процессов как статистических ансамблей;
- информационный подход связан с выделением и исследованием информационного аспекта различных явлений действительности — объема потока информации, способов ее кодирования и алгоритмов переработки.

Среди общенаучных подходов в современной науке все более важное место занимают системный подход и глобальный эволюционизм.

2.7. Системный подход

Сущность системного подхода

Под системным подходом в широком смысле понимают метод исследования окружающего мира, при котором интересующие нас предметы и явления рассматриваются как части или элементы определенного целостного образования.

Эти части и элементы, взаимодействуя друг с другом, формируют новые свойства целостного образования (системы), отсутствующие у каждого из них в отдельности. Таким образом, мир с точки зрения системного подхода предстает перед нами как совокупность систем разного уровня, находящихся в отношениях иерархии.

В современной науке в основе представлений о строении материального мира лежит именно системный подход, согласно которому любой объект материального мира может быть рассмотрен как сложное образование, включающее составные части, организованные в целое. Для обозначения этой целостности в науке выработано понятие системы.

В современной науке под системой понимают внутреннее (или внешнее) упорядоченное множество взаимосвязанных элементов, проявляющее себя как нечто единое по отношению к другим объектам или внешним условиям.

Понятие «элемент» означает минимальный, далее уже неделимый компонент в рамках системы. Во всех системах связь между ее элементами является более устойчивой, упорядоченной и внутренне необходимой, чем связь каждого из элементов с окружающей средой. Элемент является таковым лишь по отношению к данной системе, при других отношениях он сам может представлять сложную систему. Совокупность связей между элементами образует *структуру системы.* Существует два типа связей между элементами системы: горизонтальные и вертикальные.

Горизонтальные связи — это связи координации между однопорядковыми элементами системы. Они носят коррелирующий характер: ни одна часть системы не может измениться без того, чтобы не изменились другие ее части.

Вертикальные связи — это связи субординации, т.е. соподчинения элементов. Они выражают сложное внутреннее устройство системы, где одни части по своей значимости могут уступать другим подчиняться им.

Степень взаимодействия частей системы друг с другом може быть различной. Кроме того, любой предмет или явление окру жающего мира, с одной стороны, может входить в состав боле крупных и масштабных систем, а с другой стороны — сам являться системой, состоящей из более мелких элементов и составных частей. Поэтому все предметы и явления окружающего нас мира могут изучаться и как элементы систем, и как целостные системы, а системность является неотъемлемым свойством мира, в котором мы живем. В этом заключается сущность системного подхода.

Строение системы

Рассматривая строение системы, в ней можно выделить следующие компоненты: подсистемы и части (элементы). *Подсистемы* являются крупными частями систем, обладающими значительной самостоятельностью. Разница между элементами и подсистемами достаточно условна, если отвлечься от их размера. В качестве примера можно привести человеческий организм, безусловно, являющийся системой. Его подсистемами являются неравная, пищеварительная, дыхательная, кровеносная и другие системы. В свою очередь, они состоят из отдельных органов и тканей, которые являются элементами человеческого организма. Но мы можем рассматривать в качестве самостоятельных систем выделенные нами подсистемы, в таком случае подсистемами будут органы и ткани, а элементами системы — клетки. Таким образом, системы, подсистемы и элементы находятся в отношениях иерархического соподчинения.

Классификация систем

В рамках системного подхода была создана общая теория систем, которая сформулировала принципы, общие для самых различных областей знания. Она начинается с классификации систем и дается по нескольким основаниям.

В зависимости от с т р у к т у р ы системы делятся на дискретные, жесткие и централизованные. *Дискретные (корпускулярные) системы* состоят из подобных друг другу элементов, не связанных между собой непосредственно, а объединенных только общим отношением к окружающей среде, поэтому потеря нескольких элементов не наносит ущерба целостности системы.

Жесткие системы отличаются повышенной организованностью, поэтому удаление даже одного элемента приводит к гибели всей системы.

Централизованные системы имеют одно основное звено, которое, находясь в центре системы, связывает все остальные элементы и управляет ими.

По типу в з а и м о д е й с т в и я с окружающей средой все системы делятся на открытые и закрытые. *Открытыми* являются системы реального мира, обязательно обменивающиеся веществом, энергией или информацией с окружающей средой. *Закрытые системы* не обмениваются ни веществом, ни энергией, ни информацией с окружающей средой. Это понятие является абстракцией высокого уровня и, хотя существует в науке, реально не существует, так как в действительности никакая система не может быть полностью изолирована от воздействия других систем. Поэтому все известные в мире системы являются открытыми.

По составу системы можно разделить на материальные и идеальные. К *материальным* относится большинство органических, неорганических и социальных систем (физические, химические, биологические, геологические, экологические, социальные системы). Также среди материальных систем можно выделить искусственные технические и технологические системы, созданные человеком для удовлетворения своих потребностей.

Идеальные системы представляют собой отражение материальных систем в человеческом и общественном сознании. Примером идеальной системы является наука, которая с помощью законов и теорий описывает реальные материальные системы, существующие в природе.

Свойства системы

Теория систем также изучает свойства систем. Многие высокоорганизованные системы отвечают понятию *целесообразности,* т.е. ориентированы на достижение какой-либо цели. Эти свойства отсутствуют у отдельных элементов системы и появляются только у системы в целом. Такие свойства называются *эмерджентными свойствами системы.* Например, вода состоит всего из двух химических элементов — кислорода (О) и водорода (Н), которые по отдельности не обладают свойствами воды. Только при соединении этих элементов в определенную систему (H_20) появляется вода как вещество с присущими ей специфическими свойствами.

У многих высокоорганизованных систем формируется *механизм обратной связи* — реакция системы на воздействие окружающей среды. Если мы бросим камень, то он пролетит некоторое расстояние и упадет, никак не сопротивляясь этому. В данном случае обратная связь отсутствует. Но если мы попытаемся дернуть кошку за хвост, обратной связью, скорее всего, будут наши исцарапанные руки.

Существует несколько типов обратной связи. Система может своим поведением усиливать внешнее воздействие (если рота солдат будет идти по мосту, шагая «в ногу», мост может рухнуть из-за резонанса), при этом формируется положительная обратная связь. При уменьшении внешнего воздействия создается отрицательная обратная связь. Разновидностью таких связей является гомеостатическая обратная связь, сводящая внешнее воздействие к нулю. Примером может служить постоянная температура человеческого тела, остающаяся таковой несмотря на колебания температуры окружающей среды.

Механизм обратной связи делает систему более устойчивой, надежной и эффективной. Также он повышает ее внутреннюю организованность. Именно наличие механизма обратной связи дает

возможность говорить, что система имеет какие-то цели, что ее поведение целесообразно.

Практически для любой системы характерна *иерархичность строения* — последовательное включение системы более низкого уровня в систему более высокого уровня. Это означает, что отношения и связи в системе при определенном ее представлении сами могут рассматриваться как ее элементы, подчиняющиеся соответствующей иерархии. Это позволяет строить различные, не совпадающие между собой последовательности включения систем друг в друга, описывающие исследуемый материальный объект с разных сторон.

В соответствии с системным подходом в природе все взаимосвязано, поэтому можно выделить такие системы, которые включают элементы как живой, так и неживой природы. Естественные науки, начиная изучение материального мира с наиболее простых, непосредственно воспринимаемых человеком материальных объектов, переходят постепенно к изучению сложнейших структур материи, выходящих за пределы человеческого восприятия и несоизмеримых с объектами повседневного окружения. Применяя системный подход, естествознание не просто выделяет типы материальных систем, но и раскрывает их связи и соотношения.

Системный подход как интеграция научного знания

Понятие системы, как и системный подход в целом, было сформировано в XX в. на основе работ А.А. Богданова и Л. фон Берталанфи. Известный русский советский ученый А.А. Богданов стал основоположником *тектологии* (всеобщей организационной науки). Он утверждал, что любой предмет или явление имеет свою цель и устроен в соответствии с ней. Это дает нам основания считать эти предметы и явления организмами и организациями. В природе существует объективная целесообразность, или организованность, являющаяся результатом естественного отбора. Богданов понимал организованность как свойство целого быть больше суммы своих частей, причем, чем больше эта разница, тем выше степень организации.

Известный австрийский биолог-теоретик Л. фон Берталанфи разработал теорию открытых биологических систем, способных достигать своего конечного состояния, несмотря на некоторые нарушения условий своего существования. Он обратил внимание на существование моделей, принципов и законов, применимых к любым системам, независимо от их содержания. Физические, химические, биологические и социальные системы, по его мнению, должны функционировать по одним и тем же правилам. Он же дал первое определение системы как совокупности элементов, находящихся во взаимодействии.

Появление системного подхода говорит о зрелости современной науки. Оно было бы невозможно еще сто лет назад. Этот подход тесно связан с интегративным характером современного естествознания и проявляет себя в междисциплинарных исследованиях, занимающих все более почетное место в современной науке. Конечным пунктом системного исследования является формирование целостной, интегративной модели изучаемого объекта. Для этого отдельные компоненты анализируются не ради их собственного познания, а с целью их последующего сведения в единое целое. Не менее важным является изучение воздействия окружающей среды на целостность системы. При этом сам познавательный процесс также должен быть организован в соответствии с требованием целостности, нацелен на получение интегративного знания. Системный подход отражает единство научного знания, которое выражается в установлении связей и отношений между различными по сложности организации системами, в возможности целостного познания этих систем, во все более глубоком проникновении человека в тайны природы.

2.8. Глобальный эволюционизм

Если в системном подходе воплотилась идея всеобщей связи всех предметов и явлений мира, то в глобальном эволюционизме — идея развития мира.

Глобальный эволюционизм — это убеждение в том, что как Вселенная в целом, так и отдельные ее элементы не могут существовать, не развиваясь. При этом считается, что развитие идет по единому алгоритму — от простого к сложному путем самоорганизации.

Классическая концепция развития

Этот принципиально новый взгляд на мир был сформулирован лишь во второй половине XX в., хотя сама идея развития была присуща научному мировоззрению еще с начала XIX в. Тогда существовала классическая концепция развития, которая признавала, что весь мир находится в постоянном развитии, но живая природа развивается от простого к сложному, а неживая — от современного сложного состояния к самому простому состоянию хаоса. Классическая концепция развития нашла свое обоснование в эволюционной теории Ч. Дарвина, которая описывала эволюцию живой природы, а также в классической термодинамике, из которой вытекали представления об эволюции неживой материи.

Классическая термодинамика — это физическая наука, занимающаяся изучением взаимопревращения различных видов энергии. Она основывается на трех основных постулатах, или началах.

Первое начало термодинамики известно как закон сохранения энергии. Это фундаментальный закон, согласно которому важнейшая физическая величина — энергия — сохраняется неизменной в изолированной системе. Когда мы говорим о сохранении энергии, то имеем в виду механическую, тепловую и внутреннюю энергию, т.е. энергию, зависящую лишь от термодинамического состояния системы. Она складывается из движения атомов, энергии химических связей и других видов энергий, связанных с состоянием электронов в атомах и молекулах.

Согласно этому закону, в изолированной системе энергия может только превращаться из одной формы в другую, но ее количество всегда остается постоянным. Если система не изолирована, энергия может изменяться за счет обмена между частями системы или разными системами. Например, ежедневно мы сталкиваемся с тем, что горячий чайник, охлаждаясь, нагревает воздух.

Науке сегодня неизвестна ни одна причина, которая могла бы привести к нарушению данного закона. Иначе можно было бы построить вечный двигатель, создающий энергию из ничего. Поэтому первый закон термодинамики более известен в другой редакции: *нельзя построить вечный двигатель первого рода, т.е. такую машину, которая совершала бы работу больше подводимой к ней извне энергии.*

Существование вечного двигателя второго рода запрещает *второе начало термодинамики: теплота не переходит самопроизвольно от холодного тела к более горячему.* Поэтому невозможно построить такую машину, которая работала бы за счет переноса тепла от холодного тела к горячему. Это не запрещено первым началом термодинамики, но практически невозможно.

Второе начало термодинамики указывает на существование двух различных форм энергии — теплоты, связанной с неупорядоченным, хаотическим движением молекул (например, броуновское движение молекул, скорость которого напрямую связана с температурой), и работы, связанной с упорядоченным движением. Работу всегда можно превратить в эквивалентное ей тепло — вспомните, как наши предки получали огонь трением. В то же время тепло в эквивалентную ему работу полностью превратить нельзя, всегда останется некоторое количество теплоты, которое пропадет бесполезно. Другими словами, неупорядоченную форму энергии невозможно полностью перевести в упорядоченную. Мерой неупорядоченности, или мерой хаоса, системы в термодинамике является *энтропия.* Энтропия не бывает отрицательной, она всегда положи-

тельна. Исключением является случай, когда идеальный кристалл находится при температуре абсолютного нуля (но на этот счет существует третье начало термодинамики, говорящее о недостижимости абсолютного нуля, равного —273°С), что невозможно, так как это означало бы прекращение любого движения, в том числе движения атомов и элементарных частиц.

Иногда используется отрицательная величина энтропии — *нег-энтропия,* которая является мерилом упорядоченности системы. Эта величина может быть только отрицательной. Рост негэнтропии соответствует возрастанию порядка, энтропии — росту хаоса.

Таким образом, в соответствии со вторым началом термодинамики в случае изолированной системы (не обменивающейся веществом, энергией или информацией с окружающей средой) неупорядоченное состояние не может самостоятельно перейти в упорядоченное. Представим себе закрытую систему, в которой вся энергия находится в упорядоченном состоянии (энергия-работа). Если в этой системе начнется процесс преобразования энергии, то мы увидим, что вся энергия-работа постепенно перейдет в энергию-тепло. Полученное тепло может быть использовано для совершения какой-либо полезной работы, но не полностью. Так появится энтропия. При следующем цикле преобразования работа опять полностью перейдет в тепло, но тепло вновь не сможет полностью превратиться в работу, и поэтому энтропия вновь увеличится. Так будет происходить до тех пор, пока вся энергия системы не превратится в тепло и не установится состояние термодинамического равновесия. Таким образом, в изолированной системе энтропия может только возрастать. Поэтому второе начало термодинамики также называют *принципом возрастания энтропии.* Эта более точная формулировка второго начала термодинамики утверждает, что при самопроизвольных процессах в системах, имеющих постоянную энергию, энтропия всегда возрастает. Иными словами, любая система стремится к состоянию термодинамического равновесия, которое можно отождествить с хаосом.

Именно из этого принципа вытекали пессимистические представления о развитии Вселенной, характерные для второй половины XIX в. Они воплотились в идею тепловой смерти Вселенной, сформулированную В. Томсоном в 1851 г. Упорядоченными источниками энергии во Вселенной являются звезды, возраст которых хотя и велик, но не бесконечен. До открытия второго начала термодинамики считалось, что на смену погасшим звездам загораются новые, и процесс этот будет идти бесконечно. Но признание того факта, что все виды энергии деградируют, со временем превращаясь в тепло, требовало признать, что новых звезд должно загораться меньше, чем погасло старых. Поэтому со временем должны закон-

чить свое существование все звезды, отдав свою энергию в окружающее пространство, и вся Вселенная придет в состояние хаоса — термодинамического равновесия с температурой лишь на несколько градусов выше абсолютного нуля. В этом пространстве будут разбросаны безжизненные, остывшие шары планет и звезд. Не будет источников энергии — не будет жизни.

Хотя эту концепцию пытались опровергнуть крупнейшие философы и ученые того времени, в рамках существовавших тогда гносеологических предпосылок это было невозможно. Лишь в XX в., признав Вселенную открытой системой, удалось отказаться от идеи тепловой смерти.

Становление современной концепции развития. Идея самоорганизации материи

Первая крупная брешь в классической концепции развития была пробита в 1920-е гг. в результате создания новой модели расширяющейся Вселенной, которая сменила старую стационарную модель. Согласно новым представлениям, наша Вселенная возникла 15—20 млрд. лет назад в результате Большого взрыва и лишь постепенно пришла к современному состоянию, которое также не является стабильным. При этом эволюция шла от простейшего хаотического к современному упорядоченному состоянию.

Затем новые эволюционные идеи проникли и утвердились в химии, геологии, экологии и других науках. Но до середины XX в. по-прежнему считалось, что для неживой материи основной тенденцией является стремление к разрушению и лишь жизнь, представляющая стремление к упорядоченности и организованности, противостоит этой основной тенденции. Данное противоречие впервые было четко зафиксировано в книге известного физика-теоретика Э. Шредингера «Что такое жизнь?». Так был дан толчок исследованиям, позволившим по-новому посмотреть на процессы в неживой природе.

Также к середине XX в. была сформулирована общая теория систем и основы кибернетики. В них было установлено, что все системы, известные нам, являются открытыми, т.е. постоянно обмениваются веществом, энергией и информацией с окружающей средой. Поэтому решить проблему развития в физике и, самое главное, найти подходы к решению вопроса о тепловой смерти Вселенной удалось только тогда, когда физика обратилась к понятию открытой системы. Тогда же было установлено, что при определенных условиях в открытых системах могут возникать процессы самоорганизации.

Самоорганизация — это скачкообразный природный процесс, переводящий открытую неравновесную систему, достигшую в своем развитии критического состояния, в новое устойчивое состояние с более высоким уровнем упорядоченности по сравнению с исходным.

Критическое состояние — это состояние крайней неустойчивости, достигаемое открытой неравновесной системой в ходе предшествующего периода плавного, эволюционного развития. Ключ к пониманию процессов самоорганизации находится в исследовании взаимодействия открытых систем с окружающей средой.

Примеров процессов самоорганизации можно привести достаточно много. Все слышали о лазерах. Эти приборы создают высокоорганизованное оптическое излучение. Лазер отличается от традиционных источников света — ламп накаливания и газоразрядных ламп, которые действуют за счет процессов, подчиняющихся статистическим законам. В них в нагретой до высокой температуры среде возбужденные атомы и ионы излучают кванты света с различными длинами волн во всех направлениях, причем только малую часть из них мы воспринимаем как видимый свет. А в лазере, в активной среде резонатора, под воздействием внешнего светового поля (при «накачке») благодаря поступлению энергии извне частицы начинают колебаться в одной фазе. В результате возникает когерентное, или согласованное, взаимодействие, формирующее узконаправленный луч почти монохроматических квантов света.

Классическим также считается пример превращения ламинарного течения жидкости в турбулентное. Каждый из нас не раз наблюдал это явление, когда смотрел, как стекает вода из ванной. Пока воды в ванной мало, она стекает ламинарно (жидкость движется слоями по направлению течения). Но если воды много, давление на нижний слой заставляет воду стекать быстро. Это приводит к формированию вихреобразной вращающейся воронки, т.е. к появлению турбулентности.

Еще один опыт впервые был проведен еще в 1900 г. физиком X. Бенаром. Он наливал ртуть в плоский сосуд, подогреваемый снизу. Когда разность температур верхнего и нижнего слоев ртути достигала некоторого критического значения, верхний слой образовывал множество шестигранных призм, похожих на пчелиные соты. Они получили название ячеек Бенара и служат классическим примером спонтанного образования структур, причем оно происходит за счет внутренней перестройки связей между элементами системы.

В химии примером самоорганизации могут служить так называемые «химические часы» (реакция Белоусова—Жаботинского). Она была открыта в 1951 г. химиком Б.П. Белоусовым, который установил, что если в пробирку слить раствор некоторых кислот,

сульфат церия и бромид калия, то за ходом идущей окислительно-восстановительной реакции можно следить по изменению цвета промежуточных продуктов. На протяжении получаса цвет строго периодично менялся с красного на синий, и наоборот. В 1960-е гг. молодой биофизик А.М. Жаботинский раскрыл механизм этой реакции, которая получила свое название по именам двух ученых: того, кто ее открыл, и того, кто ее объяснил.

У всех приведенных примеров есть общий алгоритм: огромное множество элементов, составляющих эти системы, вдруг, как по команде, начинают вести себя скоординированно, согласованно, хотя до этого пребывали в состоянии хаоса. Более того, эта возникшая упорядоченность не распадается, а продолжает устойчиво существовать.

Хотя процессы самоорганизации были известны ученым достаточно давно, общие теории самоорганизации появились лишь в 1970-е гг. К их созданию ученые шли разными путями: Г. Хакен, создатель синергетики, — из квантовой электроники и радиофизики; И. Пригожин, основатель неравновесной термодинамики, — из анализа специфических химических реакций. Были ученые, изучавшие эти процессы в биологии, — М. Эйген, в метеорологии — Е. Лоренц, а также автор теории катастроф Р. Том. Постепенно ученые начали выходить за рамки своих узких дисциплин, стали замечать аналогию между математическими моделями и концептуальными системами, описывающими такие разные на первый взгляд процессы.

Так стало формироваться убеждение, что во всех этих явлениях есть единая основа, позволяющая создать общую теорию самоорганизации материи. Сегодня общая теория самоорганизации развивается в основном в рамках двух наук. — синергетики и неравновесной термодинамики, во многом дополняющих друг друга.

Основы синергетики и неравновесной термодинамики

Синергетика (кооперативность, сотрудничество, взаимодействие различных элементов системы) — по определению ее создателя Г. Хакена, занимается изучением систем, состоящих из многих подсистем самой различной природы, таких, как атомы, молекулы, клетки, механические элементы, органы, животные и даже люди. Это наука о самоорганизации простых систем, о превращении хаоса в порядок.

Основная идея синергетики — идея о принципиальной возможности спонтанного возникновения порядка и организации из беспорядка

и хаоса в результате процесса самоорганизации. Это происходит при возникновении положительной обратной связи между системой и окружающей средой. Иными словами, под воздействием внешней среды внутри системы возникают полезные изменения, которые постепенно накапливаются, а затем кардинально меняют эту систему, превращая ее в другую, более сложную и высокоорганизованную.

Воздействию окружающей среды могут подвергаться сразу несколько однотипных систем, но в силу различных флуктуаций (отклонений) они могут формировать разные обратные связи, порождать разные ответные реакции, далеко не все из которых могут привести к самоорганизации системы. Можно сказать, что между системами идет своеобразная конкуренция, отбор того типа поведения, такой обратной связи, которая позволяет выжить в условиях конкуренции. Как замечает сам Хакен, это приводит нас в определенном смысле к своего рода обобщенному дарвинизму, действие которого распространяется не только на органический мир, но и на неживую природу, а также *на* социальные системы.

Синергетика претендует на открытие универсального механизма самоорганизации. Однако объектом синергетики независимо от его природы могут быть только те системы, которые удовлетворяют определенным требованиям. Такими требованиями, в частности, являются открытость, существенная неравновесность и выход из критического состояния скачком, в процессе фазового перехода.

Открытость — важнейшее свойство самоорганизующихся систем, которые постоянно обмениваются веществом, энергией и информацией с окружающей средой. Именно открытость является причиной неравновесности систем. Если закрытые системы, для которых и были сформулированы начала классической термодинамики, неизбежно стремятся к однородному равновесному состоянию — состоянию термодинамического равновесия, то открытые системы меняются, причем необратимо, в них важным оказывается фактор времени.

При определенных условиях и значениях параметров, характеризующих систему и изменяющихся под воздействием изменений окружающей среды, система переходит в состояние существенной неравновесности — критическое состояние, сопровождаемое потерей устойчивости. Ведь любая система остается сама собой только в определенных рамках. Так, вода остается водой только при температуре от 0 до 100°С при нормальном атмосферном давлении, за границами этих условий она превращается в лед или пар. Естественно, что существование социальной или биологической системы будет зависеть от иных условий, чем функционирование физических или химических систем. Но такие важнейшие показатели, от которых зависит само существование систем, есть всегда. Они называются *управляющими параметрами системы.*

Из критического состояния существенной неравновесности системы всегда выходят скачком. Скачок — это крайне нелинейный процесс, при котором даже малые изменения управляющих параметров системы вызывают ее переход в новое качество. Например, при снижении температуры воды до определенного значения она скачкообразно превращается в лед. Около критической точки перехода достаточно изменить температуру воды (управляющий параметр) на доли градуса, чтобы вызвать ее практически мгновенное превращение в твердое тело.

Итак, самоорганизующиеся системы обретают присущие им структуры или функции без какого бы то ни было вмешательства извне. Обычно они состоят из большого числа подсистем. При изменении управляющих параметров в системе образуются качественно новые структуры. При этом системы переходят из однородного, недифференцированного состояния покоя в неоднородное, но хорошо упорядоченное состояние или в одно из нескольких возможных состояний.

Важно, что этими системами можно управлять, изменяя действующие на них внешние факторы. Поток энергии, вещества или информации уводит физическую, химическую, биологическую или социальную систему далеко от состояния термодинамического равновесия. Изменяя температуру, уровень радиации, давление и т.д., мы можем управлять системами извне.

Самоорганизующиеся системы способны сохранять внутреннюю устойчивость при воздействии внешней среды, они находят способы самосохранения, чтобы не разрушаться и даже улучшать свою структуру.

Несколько иной аспект имеет неравновесная термодинамика И. Пригожина. В созданной им науке он поставил задачу доказать, что неравновесие может быть причиной порядка. Новая термодинамика стала способна отражать скачкообразные процессы.

Чтобы система могла не только поддерживать, но и создавать упорядоченность из хаоса, она непременно должна быть открытой и иметь приток вещества, энергии и информации извне. Именно такие системы названы Пригожиным *диссипативными.*

Диссипативность — это особое динамическое состояние, когда из-за процессов, протекающих с элементами неравновесной системы, на уровне всей системы проявляются качественно новые свойства и процессы.

Благодаря диссипативности в неравновесных системах могут спонтанно возникать новые структуры, происходить переход к порядку из хаоса.

В ходе своего развития диссипативные системы проходят два этапа:

1) период плавного эволюционного развития с хорошо предсказуемыми линейными изменениями, подводящими в итоге систему к некоторому неустойчивому критическому состоянию;

2) скачок, одномоментно переводящий систему в новое устойчивое состояние с более высокой степенью сложности и упорядоченности.

Особое внимание неравновесная термодинамика уделяет фазе скачка, являющейся разрешением возникшей кризисной ситуации и характеризующейся критическими значениями управляющих параметров системы. Пригожин трактует такой переход как приспособление диссипативной системы к изменившимся внешним условиям, чем обеспечивается ее выживание. Это и есть акт самоорганизации.

Очень важно отметить, что переход диссипативной системы из критического состояния в новое устойчивое состояние неоднозначен. Сложные неравновесные системы имеют возможность перейти из неустойчивого положения в одно из нескольких возможных устойчивых состояний. В какое именно из них совершится переход — дело случая. Это связано с тем, что в системе, пребывающей в критическом состоянии, развиваются сильные флуктуации. Под действием одной из них и происходит скачок в конкретное устойчивое состояние. Поскольку флуктуации случайны, то и «выбор» конечного состояния оказывается случайным. Но после совершения перехода назад возврата нет. Скачок носит одноразовый и необратимый характер.

Критическое значение параметров системы, при которых возможен неоднозначный переход в новое состояние, называют **точкой бифуркации.**

Обнаружение феномена бифуркации, как считает Пригожин, ввело в физику элемент исторического подхода, смогло доказать необратимость времени. При протекании самоорганизации в явном виде обнаруживается «стрела времени» — однонаправленность времени от прошлого к будущему. Классическая термодинамика доказывала необратимость времени, используя второе начало термодинамики. Необратимый процесс возрастания энтропии всегда идет от прошлого к будущему. Тем не менее, в классической механике возможность обращения времени была не исключена. Так, поменяв в уравнениях «плюс» на «минус» перед временем и скоростью, можно получить описание движения данного тела по пройденному пути в обратном направлении. Конечно, весь наш опыт убеждал в невозможности повернуть время вспять, однако теоретически такая возможность оставалась.

Неравновесная термодинамика Пригожина использует для доказательства существования «стрелы времени» скачок — процесс скачка невозможно повернуть назад. После перехода через точку бифуркации система качественно преобразуется. Таким образом, законы неравновесной термодинамики с неизбежностью говорят о необратимости времени. Ведь скачок в точке бифуркации всегда случаен, определяется уникальным сочетанием множества факторов, воссоздать которые вновь (если бы мы захотели повернуть процесс вспять) практически невозможно.

Феномен бифуркации также заставляет по-новому взглянуть на соотношение случайного и закономерного в развитии систем и в природе в целом. Если в фазе эволюции ход процессов закономерен и жестко детерминирован, то скачок всегда происходит случайным образом, и поэтому именно случайность определяет последующий закономерный эволюционный этап вплоть до следующего скачка в новой критической точке.

В том, что точки бифуркации — это не абстракция, имеет возможность убедиться каждый человек. Ведь человек и его жизнь тоже являются сложной открытой неравновесной системой. У каждого из нас периодически возникают ситуации, когда мы стоим перед выбором своего дальнейшего жизненного пути. И очень часто наш выбор определяется случайным стечением обстоятельств. Например, человек собирался уехать учиться в другой город, но заболел и остался дома, поэтому пошел учиться совсем в другое место. Этот случайный выбор определил его последующий жизненный путь — выбор работы, знакомство с друзьями, будущим спутником жизни и т.д.

Системный подход и глобальный эволюционизм являются важнейшими составными частями современной научной картины мира. Она выглядит следующим образом. Мир, в котором мы живем, состоит из разномасштабных открытых систем, развитие которых протекает по единому алгоритму. В основе этого алгоритма заложена присущая материи способность к самоорганизации, проявляющаяся в критических точках системы. Самая крупная из известных человеку систем — это развивающаяся Вселенная. Вся ее история — от Большого взрыва до возникновения человека — предстает как единый процесс материальной эволюции, самоорганизации, саморазвития материи. При этом весь мир представляет собой единое целое, иерархически организованную систему. Это и есть идея глобального эволюционизма.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Арнольд А.И.* Теория катастроф. М., 1990.
2. *Богданов А.А.* Тектология. Всеобщая организационная наука. В 2 кн. М., 1989.

3. *Бродянский В.М.* Вечный двигатель — прежде и теперь. М., 1989.
4. *Данилова B.C., Кожевников Н.Н.* Основные концепции современного естествознания. М., 2001.
5. *Климентович Н.Ю.* Без формул о синергетике. Минск, 1986.
6. *Кочергин А.Н.* Методы и формы научного познания. М., 1990.
7. *Петров ЮА., Никифоров АЛ.* Логика и методология научного познания. М., 1982.
8. *Петров Ю.А.* Теория познания. М., 1988.
9. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986.
10. *Ровинский Р.Е.* Развивающаяся Вселенная. М., 1996.
11. *Самоорганизация* в природе и обществе. СПб., 1994.
12. *Хакен Г.* Синергетика. М., 1985.
13. *Штофф ВА* Введение в методологию научного познания. Л., 1972.
14. *Эткинс П.* Порядок и беспорядок в природе. М., 1987.

Глава 3
Основы естествознания

3.1. Предмет и структура естествознания

Понятие естествознания

Стремление человека к познанию окружающего мира выражается в различных формах, способах и направлениях исследовательской деятельности. Каждая из основных частей объективного мира — природа, общество и человек — изучается своими отдельными науками. Совокупность научных знаний о природе формируется естествознанием. Этимологически слово «естествознание» происходит от соединения двух слов: «естество», что означает природа, и «знание», т.е. знание о природе.

В современном употреблении термин «естествознание» в самом общем виде обозначает совокупность наук о природе, имеющих предметом своих исследований различные природные явления и процессы, а также закономерности их эволюции. Кроме того, естествознание является самостоятельной наукой о природе как едином целом и в этом качестве позволяет изучить любой объект окружающего нас мира более глубоко, чем это может сделать одна какая-либо из естественных наук в отдельности. Поэтому естествознание наряду с науками об обществе и мышлении является важнейшей частью человеческого знания. Оно включает в себя как деятельность по получению знания, так и ее результаты, т.е. систему научных знаний о природных процессах и явлениях.

Роль естествознания в жизни человека трудно переоценить. Оно является основой всех видов жизнеобеспечения — физиологического, технического, энергетического. Кроме того, естествознание служит теоретической основой промышленности и сельского хозяйства, всех технологий, различных видов производства. Тем самым оно выступает важнейшим элементом культуры человечества, одним из существенных показателей уровня цивилизации.

Отмеченные характеристики естествознания позволяют сделать вывод, что оно является подсистемой науки и в этом качестве связано со всеми элементами культуры — религией, философией,

этикой и др. С другой стороны, естествознание — самостоятельная область знания, обладающая собственной структурой, предметом и методами.

Понятие «естествознание» появилось в Новое время в Западной Европе и стало обозначать всю совокупность наук о природе. Корни этого представления уходят в Древнюю Грецию, во времена Аристотеля, который первым систематизировал имевшиеся тогда знания о природе в своей «Физике». Однако эти представления были достаточно аморфными, и поэтому сегодня под естествознанием понимается так называемое *точное* естествознание — знание, соответствующее не только первым четырем, но и последнему, пятому критерию научности. Важнейшей характеристикой точного естествознания является экспериментальный метод, дающий возможность эмпирической проверки гипотез и теорий, а также оформление полученного знания в математических формулах.

Предмет естествознания

Существуют два широко распространенных представления о предмете естествознания:

1) естествознание — это наука о Природе как единой целостности;

2) естествознание — совокупность наук о Природе, рассматриваемой как целое.

На первый взгляд, эти определения отличны друг от друга. Одно говорит о единой науке о Природе, а другое — о совокупности отдельных наук. Тем не менее на самом деле отличия не столь велики, так как под совокупностью наук о Природе подразумевается не просто сумма разрозненных наук, а единый комплекс тесно взаимосвязанных естественных наук, дополняющих друг друга.

Являясь самостоятельной наукой, естествознание имеет свой предмет исследования, отличный от предмета специальных (частных) естественных наук. Спецификой естествознания является то, что оно исследует одни и те же природные явления сразу с позиций нескольких наук, выявляя наиболее общие закономерности и тенденции. Только так можно представить Природу как единую целостную систему, выявить те основания, на которых строится все разнообразие предметов и явлений окружающего мира. Итогом таких исследований становится формулировка основных законов, связывающих микро-, макро- и мегамиры, Землю и Космос, физические и химические явления с жизнью и разумом во Вселенной.

В школе изучаются отдельные естественные науки — физика, химия, биология, география, астрономия. Это служит первой ступенью познания Природы, без которой невозможно перейти к осознанию ее как единой целостности, к поиску более глубоких связей между физическими, химическими и биологическими явле-

ниями. Это и есть главная задача настоящего курса. С его помощью мы должны более глубоко и точно познать отдельные физические, химические и биологические явления, занимающие важное место в естественно-научной картине мира; а также выявить скрытые связи, создающие органическое единство этих явлений, что невозможно в рамках специальных естественных наук.

Структура естествознания

Мы уже говорили о структуре науки, представляющей собой сложную разветвленную систему знаний. Естествознание — не менее сложная система, все части которой находятся в отношениях иерархической соподчиненности. Это означает, что систему естественных наук можно представить в виде своеобразной лестницы, каждая ступенька которой является фундаментом для следующей за ней науки, и в свою очередь, основывается на данных предшествующей науки.

Основой, фундаментом всех естественных наук, бесспорно, является *физика,* предметом которой являются тела, их движения, превращения и формы проявления на различных уровнях. Сегодня невозможно заниматься ни одной естественной наукой, не зная физики. Внутри физики выделяется большое число подразделов, различающихся специфическим предметом и методами исследования. Важнейшим среди них является механика — учение о равновесии и движении тел (или их частей) в пространстве и времени. Механическое движение представляет собой простейшую и вместе с тем наиболее распространенную форму движения материи. Механика явилась исторически первой физической наукой и долгое время служила образцом для всех естественных наук. Разделами механики являются:

1) статика, изучающая условия равновесия тел;

2) кинематика, занимающаяся движением тел с геометрической точки зрения;

3) динамика, рассматривающая движение тел под действием приложенных сил.

Также в механику входят гидростатика, пневмо- и гидродинамика.

Механика — физика макромира. В Новое время зародилась физика микромира. В ее основе лежит статистическая механика, или молекулярно-кинетическая теория, изучающая движение молекул жидкости и газа. Позже появились атомная физика и физика элементарных частиц. Разделами физики являются термодинамика, изучающая тепловые процессы; физика колебаний (волн), тесно связанная с оптикой, электричеством, акустикой. Названными раз-

делами физика не исчерпывается, в ней постоянно появляются новые физические дисциплины.

Следующей ступенькой является *химия,* изучающая химические элементы, их свойства, превращения и соединения. То, что в ее основе лежит физика, доказывается очень легко. Для этого достаточно вспомнить школьные уроки по химии, на которых говорилось о строении химических элементов и их электронных оболочках. Это пример использования физического знания в химии. В химии выщеляют неорганическую и органическую химию, химию материалов и другие разделы.

В свою очередь, химия лежит в основе *биологии* — науки о живом, изучающей клетку и все от нее производное. В основе биологических знаний — знания о веществе, химических элементах. Среди биологических наук следует выделить ботанику (предмет — растительное царство), зоологию (предмет — мир животных). Анатомия, физиология и эмбриология изучают строение, функции и развитие организма. Цитология исследует живую клетку, гистология — свойства тканей, палеонтология — ископаемые останки жизни, генетика — проблемы наследственности и изменчивости.

Науки о Земле являются следующим элементом структуры естествознания. В эту группу входят геология, география, экология и др. Все они рассматривают строение и развитие нашей планеты, представляющей собой сложнейшее сочетание физических, химических и биологических явлений и процессов.

Завершает эту грандиозную пирамиду знаний о Природе *космология,* изучающая Вселенную как целое. Частью этих знаний являются астрономия и космогония, которые исследуют строение и происхождение планет, звезд, галактик и т.д. На этом уровне происходит новое возвращение к физике. Это позволяет говорить о циклическом, замкнутом характере естествознания, что, очевидно, отражает одно из важнейших свойств самой Природы.

Структура естествознания не ограничивается названными выше науками. Дело в том, что в науке идут сложнейшие процессы дифференциации и интеграции научного знания. Дифференциация науки — это выделение внутри какой-либо науки более узких, частных областей исследования, превращение их в самостоятельные науки. Так, внутри физики выделились физика твердого тела, физика плазмы.

Интеграция науки — это появление новых наук на стыках старых, процесс объединения научного знания. Примерами такого рода наук являются: физическая химия, химическая физика, биофизика, биохимия, геохимия, биогеохимия, астробиология и др.

Таким образом, построенная нами пирамида естественных наук значительно усложняется, включая в себя большое количество дополнительных и промежуточных элементов.

Необходимо также отметить, что система естествознания отнюдь не является незыблемой, в ней не только постоянно появляются новые науки, но и меняется их роль, периодически происходит смена лидера в естествознании. Так, с XVII в. до середины XX в. таким лидером, бесспорно, была физика. Но сейчас эта наука почти полностью освоила свою область действительности, и большая часть физиков занимается исследованиями, носящими прикладной характер (то же касается химии). Сегодня бум переживают биологические исследования (особенно в пограничных областях — биофизике, биохимии, молекулярной биологии). По некоторым данным, в середине 1980-х г. в биологических науках было занято до 50% ученых США, 34% — в нашей стране. США, Великобритания без возражений финансируют самые разные биологические исследования. Так что XXI в., очевидно, станет веком биологии.

3.2. История естествознания

Будучи составной частью науки и культуры, естествознание имеет такую же длительную и сложную историю. Естествознание нельзя понять, не проследив историю его развития в целом. Согласно мнению историков науки, развитие естествознания прошло три стадии и в конце XX в. вступило в четвертую. Этими стадиями являются древнегреческая натурфилософия, средневековое естествознание, классическое естествознание Нового и Новейшего времени и современное естествознание XX в.

Развитие естествознания подчиняется данной периодизации. На первой стадии происходило накопление прикладной информации о природе и способах использования ее сил и тел. Это так называемый *натурфилософский этап* развития науки, характеризующийся непосредственным созерцанием природы как нерасчлененного целого. При этом идет верный охват общей картины природы при пренебрежении частностями, что характерно для греческой натурфилософии.

Позднее к процессу накопления знаний добавляется теоретическое осмысление причин, способов и особенностей изменений в природе, появляются первые концепции рационального объяснения изменений природы. Наступает так называемый *аналитический этап* в развитии науки, когда идут анализ природы, выделение и изучение отдельных вещей и явлений, поиски отдельных причин и следствий. Такой подход характерен для начального этапа развития любой науки, а в плане исторического развития науки — для позднего Средневековья и Нового времени. В это время методики и теории объединяются в естествознание как целостную науку о природе,

происходит череда научных революций, каждый раз кардинально меняющих практику общественного развития.

Итогом развития науки становится *синтетическая стадия,* когда ученые воссоздают целостную картину мира на основе уже познанных частностей.

3.3. Начало науки

Древнегреческая натурфилософия

Самые первые знания человека о природе сложились в глубокой древности. Уже первобытные люди в борьбе с природой, добывая себе пищу и защищаясь от диких зверей, постепенно накапливали знания о природе, ее явлениях и свойствах окружавших их материальных вещей. Однако знания первобытных людей не являлись научными, поскольку не были ни систематизированы, ни объединены какой-либо теорией. Порожденные материальной деятельностью человека и добыванием средств к существованию, эти знания имели форму практического опыта.

Наука — это сложное многогранное общественное явление, которое вне общества не могло возникнуть и развиваться. Поэтому наука появляется только тогда, когда для этого создаются особые объективные условия, отвечающие введенным нами критериям науки. Этим условиям соответствует древнегреческое знание VI—IV вв. до н.э. В то время древнегреческая культура обрела принципиально новые черты, которыми не обладала культура Древнего Востока, общепризнанного центра рождения человеческой цивилизации.

Появлению таких критериев науки, как системность и рациональность, в конечном счете способствовала единственная в своем роде революция, которая произошла в эпоху архаики, — появление частной собственности. Весь остальной мир, в частности цивилизации Востока, демонстрировали так называемый «азиатский способ производства» и соответствующий ему тип государства — восточную деспотию. В таком обществе властные отношения являются первичными, а отношения собственности — вторичными. Собственностью в таком обществе распоряжается тот, в чьих руках находится власть, — чиновники разных рангов и, конечно, верховный правитель государства. Они создают хорошо отлаженную систему учета и контроля, в которой любой человек занимает отведенное ему место и находится в полной воле правителя и чиновников, общение с которыми невозможно строить на чисто логических и рациональных принципах. Случай или каприз чиновника могут навсегда изменить жизнь человека. Это приводит к фатализму, характерному для восточных цивилизаций, а также к отсутствию приори-

тета личности, отказу от рационального способа познания мира и другим специфическим чертам этих цивилизаций.

Появление частной собственности и товарного производства в Древней Греции вызвало к жизни свойственные им политические, правовые и иные институты, в частности демократическое самоуправление и право, защищающее интересы граждан. Теперь каждый гражданин лично обсуждал и принимал законы. Таким образом, общественная жизнь освобождалась от власти религиозных и мистических представлений, закон переставал быть слепой силой, продиктованной свыше, а становился демократической нормой, принятой большинством голосов в процессе всенародного обсуждения. Обсуждение этих законов основывалось на риторике, искусстве убеждения и логической аргументации. Так постепенно сформировался аппарат логического, рационального обоснования, ставший универсальным алгоритмом производства знаний, появилась наука как доказательное и систематизированное познание.

Появление отработанных способов получения нового знания было связано с отсутствием у греков касты жрецов, которые на Востоке монополизировали интеллектуально-духовную деятельность. Там знания были доступны только посвященным, они бережно хранились и передавались, так как считались данными богами, но никакие изменения в них не допускались. В Древней Греции в силу специфики природных условий традиционные полисы (небольшие самостоятельные города-государства) были настолько бедны, что не могли себе позволить содержать неработающих людей. Поэтому не только жрецы, но и правители на ранних этапах развития полисов должны были трудиться[1]. А многие должности были выборными. Поэтому ни о каких тайных знаниях не было и речи, они были доступны для любого гражданина и свободного человека.

Формирование теоретичности знания, отрыв его от повседневных практических интересов связаны с такой особенностью греческой цивилизации, как классическое рабство. Оно было экономической основой античной цивилизации. Так, в период расцвета Афин в V—IV вв. до н.э. там было до 400 тыс. рабов, работавших на полях, в мастерских, а также выполнявших почти все домашние работы. Постепенно развитие рабовладения обусловило формирование пренебрежительного отношения свободных греков к физическому труду, а затем и ко всей орудийно-практической деятельности. Занятиями, достойными свободного человека, считались политика, война, искусство, философия. Это и сформировало идеологию созерцательности, абстрактно-умозрительного отношения к

[1] Достаточно вспомнить описания жизни царя Одиссея в «Илиаде» Гомера.

действительности. Занятия свободного человека (в их числе была и наука) размежевывались с ремеслом — занятием рабов.

Это был очень важный шаг для становления науки, так как именно отказ от материально-практического отношения к действительности породил идеализацию — непременное условие науки (обобщение принципов орудийно-трудовой деятельности порождает лишь абстрагирование, на что способны и высшие животные). Умение мыслить в понятиях, образовывать их, двигаться в плоскости «чистой» мысли — великое завоевание древнегреческой философии, важнейшее основание и предпосылка всякой науки. Без четкого разграничения сферы «теоретического» и сферы «практического приложения» теории это было бы невозможно. Поэтому достижения античной науки и философии — планиметрия Гиппарха, геометрия Евклида, апории элеатов, диогеновский поиск сущности человека — все это не имеет каких-то очевидных связей с материальным производством. Практика, обусловливая абстрагирование, препятствует возникновению идеализации как его логического продолжения. Никакому практику никогда не придет в голову заниматься вопросами сущности мира, познания, истины, человека, прекрасного. Все эти сугубо «непрактические» вопросы весьма далеки как от сферы массового производства, так и от сознания производителей. Но без них подлинной науки возникнуть не может, именно об этом говорит пример Древнего Востока.

Но решительный отказ от практической деятельности имел и обратную сторону: в частности, неприятие эксперимента как метода познания закрывало дорогу становлению экспериментального естествознания, возникшего лишь в Новое время.

Античная наука появилась в форме научных программ (парадигм). В них была определена цель научного познания — изучение процесса превращения первоначального Хаоса в Космос — разумно организованный и устроенный мир через поиски космического (порядкообразующего) начала. Не случайно первые крупные представители натурфилософии — Фалес, Анаксимандр, Гераклит, Диоген в своих утверждениях руководствовались идеей о единстве сущего, происхождении вещей из какого-либо природного первоначала (воды, воздуха, огня), а также о всеобщей одушевленности материи.

Также научные программы использовали идею единства микро- и макрокосмоса, подобия мира и человека для обоснования возможности познания мира. Утверждая, что *подобное* познается подобным, древние греки считали, что единственным инструментом познания может быть человеческий разум, отвергая эксперимент как метод познания мира. Так была четко сформулирована рационалистическая позиция, позже ставшая господствующей в европейской культуре.

Древнегреческие философы, не прибегая к систематическому исследованию и эксперименту, на основе преимущественно собственных наблюдений пытались единым взглядом охватить и объяснить всю окружающую действительность. Возникавшие в это время естественно-научные идеи носили предельно широкий философский характер и существовали как натурфилософия (философия природы), которая отличалась непосредственным созерцанием окружающего мира как единого целого и умозрительными выводами из этого созерцания.

Первой научной программой античности стала математическая программа, представленная Пифагором и позднее развитая Платоном. В ее основе, как и в основе других античных программ, лежало представление, что мир (Космос) — это упорядоченное выражение целого ряда первоначальных сущностей. Пифагор эти сущности нашел в числах и представил их в качестве первоосновы мира. Таким образом, в математической программе в основе мира лежат количественные отношения действительности. Этот подход позволил увидеть за миром разнообразных качественно различных предметов их количественное единство. Самым ярким воплощением математической программы стала геометрия Евклида, знаменитая книга которого «Начала» появилась около 300 г. до н.э. Кроме того, пифагорейцами впервые была выдвинута идея о шарообразной форме Земли.

Дальнейшее развитие естествознание получило в античной атомистике Демокрита — учении о дискретном строении материи, согласно которому весь мир состоит из пустоты и различающихся между собой атомов, находящихся в вечном движении и взаимодействии. Эти идеи составили вторую научную программу античности — атомистическую программу Левкиппа—Демокрита. В рамках атомистической программы было сделано несколько очень важных предположений. Среди них — идея пустоты, лежащая в основе концепции бесконечного пространства. Именно так рождается представление Демокрита, хотя и не поддержанное другими мыслителями, что мир в целом — это беспредельная пустота со множеством самостоятельных замкнутых миров-сфер. Эти миры образовались в результате вихревого кругообразного столкновения атомов. В этих вихрях крупные и тяжелые атомы скапливались в центре, а маленькие и легкие вытеснялись на окраины. Из первых возникла земля, из вторых — небо. В каждом замкнутом мире в центре находится земля, на окраине — звезды. Число миров бесконечно, многие из них могут быть населены. Эти миры возникают и гибнут. Когда одни находятся в расцвете, другие только рождаются или уже гибнут.

Современник Демокрита Эмпедокл, первым высказавший идею о несотворимости и неуничтожимости материи, объяснил причину

затмений Солнца, догадался, что свет распространяется с большой скоростью, которую мы не в состоянии замечать. Он попытался объяснить происхождение животных. По его мнению, сначала появились отдельные органы животных, которые в процессе случайных сочетаний стали порождать разнообразные живые существа. Несоответствующие друг другу объединения органов неизбежно погибали, а выживали только те, в которых объединившиеся органы случайно оказались взаимно подходящими.

Свое высшее развитие древнегреческая натурфилософия получила в учении Аристотеля, объединившего и систематизировавшего все современные ему знания об окружающем мире. Оно стало основой третьей, континуальной программы античной науки. Основными трактатами, составляющими учение Аристотеля о природе, являются «Физика», «О небе», «Метеорологика», «О происхождении животных» и др. В этих трактатах были поставлены и рассмотрены важнейшие научные проблемы, которые позднее стали основой для возникновения отдельных наук. Особое внимание Аристотель уделил вопросу движения физических тел, положив тем самым начало изучению механического движения и формированию понятий механики (скорость, сила и т.д.). Правда, представления Аристотеля о движении кардинально отличаются от современных. Он считал, что существуют совершенные круговые движения небесных тел и несовершенные движения земных предметов. Если небесные движения вечны и неизменны, не имеют начала и конца, то земные движения их имеют и делятся на естественные и насильственные. Аристотель считал, что у каждого тела есть предназначенное ему в соответствии с его природой место, которое это тело и стремится занять. Движение тел к своему месту — это естественное движение, оно происходит само собой, без приложения силы. Примером может служить падение тяжелого тела вниз, стремление огня вверх. Все прочие движения на Земле требуют приложения силы, направлены против природы тел и являются насильственными. Аристотель доказывал вечность движения, но не признавал возможности самодвижения материи. Все движущееся приводится в движение другими телами. Первоисточником движения в мире является перводвигатель — Бог. Как и модель Космоса, эти представления благодаря непререкаемому авторитету Аристотеля настолько укоренились в умах европейских мыслителей, что были опровергнуты только в Новое время после открытия Г. Галилеем идеи инерции.

Представление о физическом взаимодействии Аристотеля тесно связано с его концепцией движения. Поэтому взаимодействие понимается им как действие движущего на движимое, т.е. одностороннее воздействие одного тела на другое. Это прямо противоречит хорошо известному сегодня третьему закону Ньютона, утверждающему, что действие всегда равно противодействию.

Учение Аристотеля о пространстве и времени исходит из понятия непрерывности. Поэтому пространство для него — это протяженность тел, а время — их длительность. Пространство и время Аристотеля существуют только вместе с материей, поэтому его концепция пространства и времени может быть названа относительной. Он отрицает существование пустоты, весь Космос заполнен материей, он не однороден, так как в нем есть центр и периферия, верх и низ. Именно по отношению к ним мы разделяем движения на естественные и насильственные.

Концепция причинно-следственных связей Аристотеля строится на понятиях целесообразности и конечной причины. Для него ход любого процесса определяется его результатом. Мыслитель воспринимает природу как единый живой организм, все части которого взаимосвязаны, и одно происходит ради другого. Так, дождь идет не потому, что сложились соответствующие метеорологические условия, а для того, что мог расти хлеб. Такой подход называется *те-леологизмом.* Он не отрицает существование случайностей, но они носят второстепенный характер, происходят по недосмотру природы.

Космология Аристотеля носила геоцентрический характер, поскольку основывалась на идее, что в центре мира находится наша планета Земля, имеющая сферическую форму и окруженная водой, воздухом и огнем, за которыми находятся сферы больших небесных светил, вращающихся вокруг Земли вместе с другими маленькими светилами.

Бесспорным достижением Аристотеля стало создание формальной логики, изложенной в его трактате «Органон» и поставившей науку на прочный фундамент логически обоснованного мышления с использованием понятийно-категориального аппарата. Ему же принадлежит утверждение порядка научного исследования, которое включает изучение истории вопроса, постановку проблемы, внесение аргументов «за» и «против», а также обоснование решения. После его работ научное знание окончательно отделилось от метафизики (философии), также произошла дифференциация самого научного знания. В нем выделились математика, физика, география, основы биологии и медицинской науки.

Завершая рассказ об античной науке, нельзя не сказать о работах других выдающихся ученых этого времени. Активно развивалась астрономия, которой нужно было привести в соответствие наблюдаемое движение планет (они движутся по очень сложным траекториям, совершая колебательные, петлеобразные движения) с предполагаемым их движением по круговым орбитам, как этого требовала геоцентрическая модель мира. Решением этой проблемы стала система эпициклов и деферентов александрийского астронома Клавдия Птолемея (I—II вв. н.э.). Чтобы спасти геоцентрическую модель мира, он предположил, что вокруг неподвижной Земли на-

ходится окружность с центром, смещенным относительно центра Земли. По этой окружности, которая называется деферентом, движется центр меньшей окружности, которая называется эпициклом.

Нельзя не сказать еще об одном античном ученом, заложившем основы математической физики. Это — Архимед, живший в III в. до н.э. Его труды по физике и механике были исключением из общих правил античной науки, так как он использовал свои знания для построения различных машин и механизмов. Тем не менее, главным для него, как и для других античных ученых, была сама наука. И механика для него становится важным средством решения математических задач. Хотя для Архимеда техника была лишь игрой научного ума, результатом выхода науки за свои рамки (то же отношение к технике и машинам как к игрушкам было характерно для всей эллинистической науки), его работы сыграли основополагающую роль в возникновении таких разделов физики, как статика и гидростатика. В статике Архимед ввел в науку понятие центра тяжести тел, сформулировал закон рычага. В гидростатике он открыл закон, носящий его имя: на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная весу жидкости, вытесненной телом.

Как видно из приведенного и далеко не полного перечня идей и направлений натурфилософии, на этой стадии были заложены основы многих современных теорий и отраслей естествознания. В то же время не менее важным представляется формирование в этот период стиля научного мышления, включающего стремление к нововведениям, критику, стремление к упорядоченности и скептическое отношение к общепринятым истинам, поиск универсалий, дающих рациональное понимание окружающего мира.

Развитие науки в Средние века

Развитие естественно-научного познания в Средние века было непосредственно сопряжено с утверждением двух мировых религий: христианства и ислама, которые претендовали на абсолютное знание природы. Эти религии объясняли происхождение природы в форме креационизма, т.е. учения о сотворении природа Богом. Все другие попытки объяснить мир и природу из самих себя, без допущения сверхъестественных божественных сил, осуждались и беспощадно пресекались. Многие достижения античной науки были забыты.

В отличие от античности, средневековая наука не предложила новых фундаментальных программ, но она в то же время не ограничивалась только пассивным усвоением достижений античной науки. Ее вклад в развитие научного знания состоял в том, что был предложен целый ряд новых интерпретаций и уточнений понятий и методов исследования, которые разрушали античные научные программы, подготавливая почву для механики Нового времени.

С точки зрения христианского мировоззрения человек считался созданным по образу и подобию Божьему, чтобы он был господином земного мира. Так в сознание человека проникает очень важная идея, которая никогда не возникала и не могла возникнуть в античности: раз человек является господином этого мира, значит, он имеет право переделывать этот мир так, как это нужно ему. Новый, деятельный подход к природе был также связан с изменением отношения к труду, который становится обязанностью каждого христианина. Так постепенно физический труд стал пользоваться в средневековом обществе все большим уважением. Тогда же возникло желание облегчить этот труд, что вызвало новое отношение к технике. Теперь изобретение машин и механизмов переставало быть пустой забавой, как в античности, а становилось делом полезным и уважаемым. Все это не могло не подкрепить нового, деятельностно-практического отношения к миру.

Таким образом, именно христианское мировоззрение посеяло зерна нового отношения к природе, которое позволило уйти от созерцательного отношения, присущего античности, и прийти к экспериментальной науке Нового времени, поставившей целью практическое преобразование мира для блага человека.

Христианское вероучение, соединенное с выхолощенной философией Аристотеля, явилось в Средние века господствующим философским направлением и получило название *схоластики.* Для этого направления мысли было характерно упрощение натурфилософии Аристотеля и приспособление ее к догмам христианства в качестве официальной религиозной доктрины. Схоластика была оторвана от реальной действительности, занятие естествознанием рассматривалось как пустое дело. Тем не менее, схоластика сыграла очень важную роль в развитии способностей к познанию мира европейским человеком. Она должна была служить задачам теологии и изучать вопросы бессмертия души, конечности и бесконечности мира, существования добра, зла и истины в мире. При решении этих проблем, не данных человеку в области чувственной реальности и могущих изучаться только с помощью разума, и были получены важнейшие результаты. Это, прежде всего, развитие логико-дискурсивного мышления и искусства логической аргументации. Результатом стал высочайший уровень умственной дисциплины в эпоху позднего Средневековья. Без этого был бы невозможен дальнейший прогресс интеллектуальных средств научного познания.

В недрах средневековой культуры успешно развивались такие специфические области знания, как астрология, алхимия, ятрохимия, натуральная магия. Часто их называли герметическими (тайными) науками. Они представляли собой промежуточное звено между техническим ремеслом и натурфилософией, содержали в себе зародыш будущей экспериментальной науки в силу своей практиче-

ской направленности. Например, на протяжении тысячелетия алхимики пытались с помощью химических реакций получить философский камень, способствующий превращению любого вещества в золото, приготовить эликсир долголетия. Побочными продуктами этих поисков и исследований стали технологии получения красок, стекла, лекарств, разнообразных химических веществ и т.д. Таким образом, алхимические исследования, несостоятельные теоретически, подготовили возможность появления современной науки.

Очень важными для становления классической науки Нового времени были новые представления о мире, опровергавшие некоторые положения античной научной картины мира. Они легли в основу механистического объяснения мира. Без таких представлений просто не смогло бы появиться классическое естествознание.

Так, появились понятия пустоты, бесконечного пространства и движения по прямой линии. Также появляются понятия «средняя скорость», «равноускоренное движение», вызревает понятие ускорения. Конечно, эти понятия еще нельзя считать четко сформулированными и осознанными. Но без них, однако, не смогла бы появиться физика Нового времени.

Также закладывается новое понимание механики, которая в античности была прикладной наукой. Античность и раннее Средневековье рассматривали все созданные человеком инструменты как искусственные, чуждые природе. В силу этого они не имели никакого отношения к познанию мира, так как действовал принцип: «подобное познается подобным». Именно поэтому только человеческий разум в силу принципа подобия человека космосу (единства микро- и макрокосмоса) мог познавать мир. Теперь же инструменты стали считаться частью природы, лишь обработанной человеком, и в силу своего тождества с ней их можно было использовать для познания мира. Таким образом, открывалась возможность использования экспериментального метода познания.

Еще одной новацией стал отказ от античной идеи о модели совершенства — круге. Эта модель была заменена моделью бесконечной линии, что способствовало формированию представлений о бесконечности Вселенной, а также лежало в основе исчисления бесконечно малых величин, без которого невозможно дифференциальное и интегральное исчисление. На нем строится вся математика Нового времени, а значит, и вся классическая наука.

Развитие науки в эпоху Возрождения

Развитие науки в эпоху Возрождения неразрывно связано с именем Леонардо да Винчи, который развил свой метод познания природы. Он был убежден, что познание идет от частных опытов и

конкретных результатов к научному обобщению. По его мнению, опыт является не только источником, но и критерием познания. Будучи приверженцем экспериментального метода исследования, он изучал падение тел, траекторию полета снарядов, коэффициенты трения, сопротивления материалов и т.д. В ходе своих исследований да Винчи заложил фундамент экспериментального естествознания. Например, занимаясь практической анатомией, он оставил зарисовки внутренних органов человека, снабженные описанием их функций. В итоге многолетних наблюдений он раскрыл явление гелиотропизма (изменения направления роста органов растения в зависимости от источника света) и объяснил причины появления жилок на листьях. Леонардо да Винчи считается первым исследователем, который обозначил проблему связи между живыми существами и окружающей их природной средой.

Глобальная научная революция XVI—XVII вв.

В XVI—XVII вв. натурфилософское и схоластическое познание природы превратилось в современное естествознание, систематическое научное познание на базе экспериментов и математического изложения. В этот период в Европе сформировалось новое мировоззрение и начался новый этап в развитии науки, связанный с первой глобальной естественно-научной революцией. Ее отправной точкой стал выход в 1543 г. знаменитой книги Николая Коперника «О вращении небесных сфер». С этого момента начался переход от геоцентрической к гелиоцентрической модели Вселенной.

В схеме Коперника Вселенная по-прежнему оставалась сферой, хотя размеры ее резко возрастали (только так можно было объяснить видимую неподвижность звезд). В центре Космоса находилось Солнце, вокруг которого вращались все известные к тому времени планеты, в том числе Земля со своим спутником Луной. Новая модель мира сразу объяснила многие непонятные ранее эффекты, прежде всего, петлеобразные движения планет, которые согласно новым представлениям были обусловлены движением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца. Впервые нашла свое объяснение смена времен года.

Следующий шаг в становлении гелиоцентрической картины мира был сделан Джордано Бруно, который отверг представление о космосе как о замкнутой сфере, ограниченной сферой неподвижных звезд. Бруно впервые заявил о том, что звезды — это не светильники, созданные Богом для освещения ночного неба, а такие же солнца, как и наше, и вокруг них могут вращаться планеты, на которых, возможно, живут люди. Таким образом, Бруно предложил набросок новой полицентрической картины мироздания, окончательно утвердившейся век спустя: Вселенная вечна во времени,

бесконечна в пространстве, вокруг бесконечного числа звезд вращается множество планет, населенных разумными существами.

Однако несмотря на всю грандиозность этой картины, она продолжала оставаться эскизом, наброском, нуждавшимся в фундаментальном обосновании. Нужно было открыть законы, действующие в мире и доказывающие правильность предположений Коперника и Бруно. Доказательство их идей стало одной из важнейших задач первой глобальной научной революции, которая началась с открытий Галилео Галилея. Его труды в области методологии научного познания предопределили облик классической, а во многом и современной науки. Он придал естествознанию экспериментальный и математический характер, сформулировал гипотетико-дедуктивную модель научного познания. Но особое значение для развития естествознания имеют работы Галилея в области астрономии и физики.

Дело в том, что со времен Аристотеля ученые считали, что между земными и небесными явлениями и телами существует принципиальная разница, так как небеса — место нахождения идеальных тел, состоящих из эфира. В силу этого считалось невозможным изучать небесные тела, находясь на Земле. Это задерживало развитие науки. После того, как в 1608 г. была изобретена зрительная труба, Галилей усовершенствовал ее и превратил в телескоп с 30-кратным увеличением. С его помощью он совершил целый ряд выдающихся астрономических открытий. Среди них — горы на Луне, пятна на Солнце, фазы Венеры, четыре крупнейших спутника Юпитера. Он же первый увидел, что Млечный Путь представляет собой скопление огромного множества звезд. Все эти факты доказывали, что небесные тела — это не эфирные создания, а вполне материальные предметы и явления. Ведь не может быть на идеальном теле гор, как на Луне, или пятен, как на Солнце.

С помощью своих открытий в механике Галилей разрушил догматические построения господствовавшей почти в течение двух тысяч лет аристотелевской физики. Он впервые проверил многие утверждения Аристотеля опытным путем, заложив тем самым основы нового раздела физики — динамики, науки о движении тел под действием приложенных сил. Именно Галилей сформулировал понятия физического закона, скорости, ускорения. Но величайшими открытиями ученого стали идея инерции и классический принцип относительности.

Галилей считал, что движущееся тело стремится пребывать в постоянном равномерном прямолинейном движении или в покое, если только какая-нибудь внешняя сила не остановит его или не отклонит от направления его движения. Таким образом, движение по инерции — это движение при отсутствии на него действия других тел.

Согласно классическому принципу относительности, никакими механическими опытами, проведенными внутри системы, невозможно установить, покоится система или движется равномерно и прямолинейно. Также классический принцип относительности утверждает, что между покоем и равномерным прямолинейным движением нет никакой разницы, они описываются одними и теми же законами. Равноправие движения и покоя, т.е. инерциальных систем (покоящихся или движущихся друг относительно друга равномерно и прямолинейно), Галилей доказывал рассуждениями и многочисленными примерами. Например, путешественник в каюте корабля с полным основанием считает, что книга, лежащая на его столе, покоится. Но человек на берегу видит, что корабль плывет, и он имеет все основания утверждать, что книга движется и притом с той же скоростью, что и корабль. Так движется на самом деле книга или покоится? На этот вопрос, очевидно, нельзя ответить просто «да» или «нет». Спор между путешественником и человеком на берегу был бы пустой тратой времени, если бы каждый из них отстаивал только свою точку зрения и отрицал точку зрения партнера. Они оба правы, и чтобы согласовать позиции, им нужно только признать, что в одно и то же время книга покоится относительно корабля и движется относительно берега вместе с кораблем.

Таким образом, слово «относительность» в названии принципа Галилея не скрывает в себе ничего особенного. Оно не имеет никакого иного смысла, кроме того, который мы вкладываем в утверждение о том, что движение или покой — всегда движение или покой относительно чего-то, что служит нам системой отсчета.

В ходе дальнейшего развития естествознания Иоганн Кеплер установил истинные орбиты движения планет. В своих трех законах он показал, что планеты движутся по эллиптическим орбитам, причем их движение происходит неравномерно.

Огромную роль в развитии науки сыграли исследования Рене Декарта по физике, космологии, биологии, математике. Учение Декарта представляет собой единую естественно-научную и философскую систему, основывающуюся на постулатах о существовании непрерывной материи, заполняющей все пространство, и ее механическом движении. Ученый поставил задачу, исходя из установленных им принципов устройства мира и представлений о материи, пользуясь лишь «вечными истинами» математики, объяснить все известные и неизвестные явления природы. Решая эту задачу, он возродил идеи античного атомизма и построил грандиозную картину Вселенной, охватив в ней все элементы природного мира: от небесных светил до физиологии животных и человека. При этом свою модель природы Декарт строил только на основе механики, которая в то время достигла наибольших успехов. Представление о

природе как о сложном механизме, которое Декарт развил в своем учении, сформировалось позднее в самостоятельное направление развития физики, получившее название *картезианства.* Декартовское (картезианское) естествознание закладывало основы механического понимания природы, процессы которой рассматривались как движения тел по геометрически описываемым траекториям. Однако картезианское учение не было исчерпывающим. В частности, движение планет должно было подчиняться закону инерции, т.е. быть прямолинейным и равномерным. Но поскольку орбиты планет остаются сплошными замкнутыми кривыми и подобного движения не происходит, то становится очевидным, что какая-то сила отклоняет движение планет от прямолинейной траектории и заставляет их постоянно «падать» по направлению к Солнцу. Отныне важнейшей проблемой новой космологии становилось выяснение природы и характера этой силы.

Природа этой силы была открыта Исааком Ньютоном, работы которого завершили первую глобальную естественно-научную революцию. Он доказал существование тяготения как универсальной силы и сформулировал закон всемирного тяготения.

Ньютоновская физика стала вершиной развития взглядов в понимании мира природы в классической науке. Ньютон обосновал физико-математическое понимание природы, ставшее основой для всего последующего развития естествознания и формирования классического естествознания. В ходе своих исследований Ньютон создал методы дифференциального и интегрального исчисления для решения проблем механики. Благодаря этому ему удалось сформулировать основные законы динамики и закон всемирного тяготения. Механика Ньютона основана на понятиях количества материи (массы тела), количества движения, силы и трех законов движения: закона инерции, закона пропорциональности силы и ускорения и закона равенства действия и противодействия.

В своей механике Ньютон отказался от построения всеобъемлющей картины Вселенной и создал собственный метод физического исследования, который опирается на опыт, ограничивающийся фактами, и не претендует на познание всех конечных причин. Согласно ньютоновской концепции, физическая реальность характеризуется понятиями пространства, времени, материальной точки и силы (взаимодействия материальных точек). Любое физическое действие представляет собой движение материальных точек в пространстве, управляемое неизменными законами механики.

Хотя Ньютон громко провозгласил: «Гипотез не измышляю!», тем не менее некоторое количество гипотез было им предложено и они сыграли очень важную роль в развитии естествознания. Эти гипотезы были связаны с дальнейшей разработкой идеи всемирного

тяготения, которое оставалось достаточно загадочным и непонятным. В частности, необходимо было ответить на вопросы: «Каков механизм действия этой силы?», «С какой скоростью она распространяется?», «Есть ли у нее материальный носитель?».

Пытаясь решить эту проблему, Ньютон предложил подтверждавшийся, как тогда казалось, бесчисленным количеством фактов принцип дальнодействия — мгновенное действие тел друг на друга на любом расстоянии без каких-либо посредствующих звеньев, через пустоту. Принцип дальнодействия невозможен без привлечения понятий абсолютного пространства и абсолютного времени, также предложенных Ньютоном.

Абсолютное пространство понималось как вместилище мировой материи. Его можно сравнить с большим черным ящиком, в который можно поместить материальное тело, но можно и убрать, тогда материи не будет, а пространство останется. Также должно существовать и абсолютное время как универсальная длительность, постоянная космическая шкала для измерения всех бесчисленных конкретных движений, оно может течь самостоятельно без участия материальных тел. Именно в таком абсолютном пространстве и времени мгновенно распространялась сила тяготения. Воспринимать абсолютное пространство и время в чувственном опыте невозможно. Пространство, время и материя в этой концепции — это три независимых друг от друга сущности.

Концепция дальнодействия господствовала в науке до середины XIX в., концепция абсолютного пространства и времени — до начала XX в.

Работы Ньютона завершили первую глобальную научную революцию, сформировав классическую полицентрическую научную картину мира и заложив фундамент классической науки Нового времени.

Классическое естествознание Нового времени

Закономерно, что на основе отмеченных достижений дальнейшее развитие естествознания приобретало все больший масштаб и глубину. Идут процессы дифференциации научного знания, сопряженные с существенным прогрессом уже сформировавшихся и появлением новых самостоятельных наук. Тем не менее, естествознание этого времени развивалось в рамках классической науки, имеющей свои специфические черты, которые наложили неизгладимый отпечаток на работу ученых и ее результаты.

Важнейшей характеристикой классической науки является механистичность — представление мира в качестве машины, гигантского механизма, четко функционирующего на основе вечных и неизменных законов механики. Не случайно наиболее распростра-

ненной моделью Вселенной был огромный часовой механизм. Поэтому механика была эталоном любой науки, и любую науку пытались построить по ее образцу. Также она рассматривалась и как универсальный метод изучения окружающих явлений. Это выражалось в стремлении свести любые процессы в мире (не только физические и химические, но и биологические и социальные процессы) к простым механическим перемещениям. Такое сведение высшего к низшему, объяснение сложного через более простое называется *редукционизмом.*

Следствиями механистичности стало преобладание количественных методов анализа природы, стремление разложить изучаемый процесс или явление до его мельчайших составляющих, доходя до конечного предела делимости материи. Из картины мира полностью исключалась случайность, ученые стремились к полному завершенному знанию о мире — абсолютной истине.

Еще одной чертой классической науки была метафизичность — рассмотрение природы как из века в век неизменного, всегда тождественного самому себе неразвивающегося целого. Каждый предмет или явление рассматривался отдельно от других, игнорировались его связи с другими объектами, а изменения, которые происходили с этими предметами и явлениями, были лишь количественными. Так возникла сильная антиэволюционистская установка классической науки.

Механистичность и метафизичность классической науки отчетливо проявились не только в физике, но и в химии и биологии. Это привело к отказу от признания качественной специфики Жизни и живого. Они стали такими же элементами в мире-механизме, как предметы и явления неживой природы.

Эти черты классической науки наиболее отчетливо проявились в естествознании XVIII в., когда было создано множество теорий, почти забытых современной наукой. Отчетливо проявлялась редукционистская тенденция, стремление свести все разделы физики, химии и биологии к методам и подходам механики. Стремясь дойти до конечного предела делимости материи, ученые XVIII в. создают «учения о невесомых» электрической и магнитной жидкостях, теплороде, флогистоне как особых веществах, обеспечивающих у тел электрические, магнитные и тепловые свойства, а также способность к горению, соответственно. Среди наиболее значимых достижений естествознания XVIII в. следует отметить развитие атомно-молекулярных представлений о строении вещества и формирование основ экспериментальной науки об электричестве.

С середины XVIII в. естествознание стало все более проникаться идеями эволюционного развития природы. Значительную роль в этом сыграли труды М.В. Ломоносова, И. Канта, П.С. Лапласа, в которых развивалась гипотеза естественного происхождения Сол-

нечной системы. Влияние идей всеобщей связи и развития, разрушающих метафизичность классической науки, стало еще заметнее в XIX в. Классическая наука, оставаясь в целом метафизической и механистической, готовила постепенное крушение механической картины мира.

Если в XVII и XVIII вв. развитие естествознания сосуществовало с религией, и Бог присутствовал в картинах мира в качестве начального Творца, то развитие естествознания в XIX и XX вв. сопровождалось окончательным разрывом науки с религией, развитием технических наук, обеспечившим быстрый прогресс западных цивилизаций.

Революционными открытиями естествознания стали принципы неевклидовой геометрии К.Ф. Гаусса, концепция энтропии и второй закон термодинамики Р.Ю.Э. Клаузиуса, периодический закон химических элементов Д.И. Менделеева, теория естественного отбора Ч. Дарвина и А. Р. Уоллеса, теория генетической наследственности Г.И. Менделя, электромагнитная теория Дж. Максвелла.

Эти и многие другие не названные нами открытия XIX в. подняли естествознание на качественно новую ступень, превратили его в дисциплинарно организованную науку. Из науки, собиравшей факты и изучавшей законченные, завершенные, отдельные предметы, естествознание в XIX в. превратилось в систематизированную науку о предметах и процессах, их происхождении и развитии. Это произошло в ходе комплексной научной революции середины XIX в. Но все эти открытия оставались в рамках методологических установок классической науки. Не ушла в прошлое, а была лишь скорректирована идея мира-машины, остались неизменными все положения о познаваемости мира и возможности получения абсолютной истины, стремление к редукционизму. Механистические и метафизические черты классической науки были лишь поколеблены, но не отброшены. В силу этого наука XIX в. несла в себе зерна будущего кризиса, разрешить который должна была вторая глобальная научная революция конца XIX — начала XX в.

3.4. Глобальная научная революция конца XIX — начала XX в.

Глобальная научная революция начинается с целого ряда замечательных открытий, разрушивших всю классическую научную картину мира. В 1888 г. Г. Герц открыл электромагнитные волны, блестяще подтвердив предсказание Дж. Максвелла. В 1895 г. В. Рентген обнаружил лучи, получившие позднее название рентгеновских, которые представляли собой коротковолновое электромагнитное

излучение. Изучение природы этих загадочных лучей, способных проникать через светонепроницаемые тела, привело Дж.Дж. Томсона к открытию первой элементарной частицы — электрона.

Важнейшим открытием 1896 г. стало обнаружение радиоактивности А. Беккерелем. Изучение этого феномена началось с исследования загадочного почернения фотопластинки, лежавшей рядом с кристаллами соли урана. Э. Резерфорд в своих опытах показал неоднородность радиоактивного излучения, состоявшего из α, β и γ лучей. Позже, в 1911 г. он смог построить планетарную модель атома.

К великим открытиям конца XIX в. также следует отнести работы А.Г. Столетова по изучению фотоэффекта, П.Н. Лебедева о давлении света. В 1901 г. М. Планк, пытаясь решить проблемы классической теории излучения нагретых тел, предположил, что энергия излучается малыми порциями — квантами, причем энергия каждого кванта пропорциональна частоте испускаемого излучения. Связывающий эти величины коэффициент пропорциональности ныне называется постоянной Планка (h). Она является одной из немногих универсальных физических констант нашего мира и входит во все уравнения физики микромира. Также было обнаружено, что масса электрона зависит от его скорости.

Все эти открытия буквально за несколько лет разрушили то стройное здание классической науки, которое еще в начале 80-х гг. XIX в. казалось практически законченным. Все прежние представления о материи и ее строении, движении и его свойствах и типах, о форме физических законов, пространстве и времени были опровергнуты. Это привело к кризису физики и всего естествознания, а кроме того, стало симптомом более глубокого кризиса и всей классической науки.

Кризис физики стал *первым этапом* второй глобальной научной революции в науке и переживался большинством ученых очень тяжело. Ученым казалось, что неверным было все то, чему они учились.

В лучшую сторону ситуация начала меняться только в 20-е гг. XX в., с наступлением *второго этапа* научной революции. Он связан с созданием квантовой механики и сочетанием ее с теорией относительности, созданной в 1906—1916 гг. Тогда начала складываться новая квантово-релятивистская картина мира, в которой открытия, приведшие к кризису в физике, были объяснены.

Началом *третьего этапа* научной революции было овладение атомной энергией в 40-е гг. XX в. и последующие исследования, с которыми связано зарождение электронно-вычислительных машин и кибернетики. Также в этот период физика передает эстафету химии, биологии и циклу наук о Земле, начинающих создавать свои собственные научные картины мира. Следует также отметить, что с середины XX в. наука окончательно слилась с техникой, что, в свою очередь, привело к современной научно-технической революции.

Главным концептуальным изменением естествознания XX в. был отказ от ньютоновской модели получения научного знания через эксперимент к объяснению. А. Эйнштейн предложил иную модель, в которой гипотеза и отказ от здравого смысла как способа проверки высказывания, становились первичными в объяснении явлений природы, а эксперимент — вторичным.

Развитие эйнштейновского подхода приводит к отрицанию ньютоновской космологии и формирует новую картину мира, в которой логика и здравый смысл перестают действовать. Оказывается, что твердые атомы Ньютона почти целиком заполнены пустотой. Материя и энергия переходят друг в друга. Трехмерное пространство и одномерное время превратились в четырехмерный пространственно-временной континуум. Согласно этой картине мира планеты движутся по своим орбитам не потому, что их притягивает к Солнцу некая сила, а потому, что само пространство, в котором они движутся, искривлено. Субатомные явления одновременно проявляют себя и как частицы, и как волны. Нельзя одновременно вычислить местоположение частицы и измерить ее ускорение. Принцип неопределенности в корне подорвал ньютоновский детерминизм. Нарушились понятия причинности, субстанции, твердые дискретные тела уступили место формальным отношениям и динамическим процессам.

Таковы основные положения современной квантово-релятивистской научной картины мира, которая становится главным итогом второй глобальной научной революции. С ней связано создание современной (неклассической) науки, которая по всем своим параметрам отличается от науки классической.

3.5. Основные черты современного естествознания как науки

Механистичность и метафизичность классической науки сменились новыми диалектическими установками всеобщей связи и развития. Механика больше не является ведущей наукой и универсальным методом изучения окружающих явлений. Классическая модель мира — часового механизма сменилась моделью мира-мысли, для изучения которого лучше всего подходят системный подход и метод глобального эволюционизма. Метафизические основания классической науки, рассматривавшие каждый предмет в изоляции, вне его связей с другими предметами, как нечто особенное и завершенное, также ушли в прошлое.

Теперь мир признается совокупностью разноуровневых систем, находящихся в состоянии иерархической соподчиненности. При этом на каждом уровне организации материи действуют свои зако-

номерности. Аналитическая деятельность, являвшаяся основной в классической науке, уступает место синтетическим тенденциям, системно-целостному рассмотрению предметов и явлений объективного мира. Уверенность в существовании конечного предела делимости материи, стремление найти конечную материальную первооснову мира сменились убеждением в принципиальной невозможности этого и представлениями о неисчерпаемости материи вглубь. Считается невозможным получение абсолютной истины. Истина считается относительной, существующей во множестве теорий, каждая из которых изучает свой срез реальности.

Если классическая наука не видела качественной специфики Жизни и Разума во Вселенной, то современная наука доказывает их неслучайность появления в мире. Это на новом уровне возвращает нас к проблеме цели и смысла Вселенной, говорит о запланированном появлении разума, который полностью проявит себя в будущем.

Названные нами черты современной науки нашли свое воплощение в новых теориях и концепциях, появившихся во всех областях естествознания. Среди важнейших открытий XX в. — теория относительности, квантовая механика, ядерная физика, теория физического взаимодействия; новая космология, основанная на теории Большого взрыва; эволюционная химия, стремящаяся к овладению опытом живой природы; генетика, расшифровка генетического кода и др. Но подлинным триумфом неклассической науки, бесспорно, стали кибернетика, воплотившая идеи системного подхода, а также синергетика и неравновесная термодинамика, основанные на методе глобального эволюционизма.

Ускорение научно-технического прогресса, связанное с возрастанием темпов общественного развития, привело к тому, что потенциал современной науки, заложенный в ходе второй глобальной научной революции, во многом оказался исчерпанным. Поэтому современная наука снова переживает состояние кризиса, являющегося симптомом новой глобальной научной революции.

Начиная со второй половины XX в. исследователи фиксируют вступление естествознания в новый этап развития — *постнеклассический,* который характеризуется целым рядом фундаментальных принципов и форм организации. В качестве таких принципов выделяют чаще всего эволюционизм, космизм, экологизм, антропныи принцип, холизм и гуманизм. Эти принципы ориентируют современное естествознание не столько на поиски абстрактной истины, сколько на полезность для общества и каждого человека. Главным показателем при этом становится не экономическая целесообразность, а улучшение среды обитания людей, рост их материального и духовного благосостояния. Естествознание таким образом реально поворачивается лицом к человеку, преодолевая извечный нигилизм по отношению к злободневным потребностям людей.

Современное естествознание имеет преимущественно *проблемную, междисциплинарную* направленность вместо доминировавшей ранее узкодисциплинарной ориентированности естественно-научных исследований. Сегодня принципиально важно при решении сложных комплексных проблем использовать возможности разных естественных наук в их сочетании применительно к каждому конкретному случаю исследования. Отсюда становится понятной и такая особенность постнеклассической науки, как нарастающая интеграция естественных, технических и гуманитарных наук. Исторически они дифференцировались, отпочковывались от некой единой основы, развиваясь длительное время автономно. Характерно, что ведущим элементом нарастающей интеграции становятся науки гуманитарные.

Анализ особенностей современного естествознания позволяет отметить такую его принципиальную особенность, как *невозможность свободного экспериментирования с основными объектами.* Иными словами, реальный естественно-научный эксперимент оказывается опасным для жизни и здоровья людей. Дело в том, что пробуждаемые современной наукой и техникой мощные природные силы при неумелом обращении с ними способны привести к тяжелейшим локальным, региональным и даже глобальным кризисам и катастрофам.

Исследователи науки отмечают, что современное естествознание *органически срастается с производством,* техникой и бытом людей, превращаясь в важнейший фактор прогресса всей нашей цивилизации. Оно уже не ограничивается исследованиями отдельных кабинетных ученых, а включает в свою орбиту комплексные коллективы исследователей самых разных научных направлений. В процессе своей исследовательской деятельности представители различных естественных дисциплин все более отчетливо начинают осознавать тот факт, что Вселенная представляет собой системную целостность с недостаточно понятными законами развития и глобальными парадоксами, в которой жизнь каждого человека связана с космическими закономерностями и ритмами. Универсальная связь процессов и явлений во Вселенной требует комплексного, адекватного их природе изучения и, в частности, глобального моделирования на основе метода системного анализа. В соответствии с этими задачами в современном естествознании все более широкое применение получают методы системной динамики, синергетики, теории игр, программно-целевого управления, на основе которых составляются прогнозы развития сложных природных процессов.

Современные представления о глобальном эволюционизме и синергетике позволяют описать развитие природы как последовательную смену рождающихся из хаоса структур, временно обретающих стабильность, а затем вновь стремящихся к хаотическим

состояниям. Кроме того, многие природные комплексы предстают как сложноорганизованные, многофункциональные, открытые, неравновесные системы, развитие которых носит малопредсказуемый характер. В этих условиях дальнейшая эволюция сложных природных объектов оказывается принципиально непредсказуемой и сопряжена со многими случайными факторами, могущими стать основаниями для новых форм эволюции.

Все перечисленные изменения протекают в рамках продолжающейся в настоящее время очередной глобальной научной революции, которая завершится, скорее всего, к середине XXI в. Конечно, сейчас нам сложно себе представить облик будущей науки. Очевидно, что она будет отличаться как от классической, так и от современной (неклассической) науки. Однако некоторые перечисленные выше черты науки будущего просматриваются уже сейчас.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Вернадский В.И.* Избранные труды по истории науки М., 1981.
2. *Доброе Г.М.* Наука о науке. Киев, 1989.
3. *Дубнищева Т.Я.* Концепции современного естествознания. Новосибирск, 1997.
4. *Ильин В.В., Калинкин Л.Т.* Природа науки. М., 1985.
5. *Косарева Л.М.* Рождение науки Нового времени из духа культуры. М., 1997.
6. *Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н.* Естествознание. М., 1996.
7. *Микулинский С.Р.* Очерки развития историко-научной мысли. М., 1988.
8. *Поликарпов В. С.* История науки и техники. Ростов-на-Дону, 1999.
9. *Физическое* знание: его генезис и развитие. М.. 1993.
10. *Философия* и методология науки. М., 1996.

Глава 4
Физическая картина мира

4.1. Понятие физической картины мира

Познавая окружающий мир, человек создает в своем сознании его определенную модель — картину мира. На каждом этапе своего развития человечество по-разному представляет себе мир, в котором оно живет. Поэтому в истории человечества существовали различные картины мира: мифологическая, религиозная, научная и др. Кроме того, как уже было отмечено, каждая отдельная наука также может формировать собственную картину мира (физическую, химическую, биологическую и др.). Однако из всего многообразия картин мира, существующих в современной науке, самое широкое представление дает общая научная картина мира, описывающая природу, общество и человека.

Научная картина мира формируется на основе достижений естественных, общественных и гуманитарных наук, однако ее фундаментом, бесспорно, является естествознание. Значение естествознания в формировании научной картины мира настолько велико, что нередко научную картину миру сводят к естественно-научной, содержание которой составляют картины мира отдельных естественных наук.

Естественно-научная картина мира представляет собой систематизированное и достоверное знание о природе, исторически сформировавшееся в ходе развития естествознания. В эту картину мира входят знания, полученные из всех естественных наук, включая их фундаментальные идеи и теории. В то же время история науки свидетельствует, что большую часть содержания естествознания составляют преимущественно физические знания. Именно физика была и остается наиболее развитой и систематизированной естественной наукой. Вклад других естественных наук в формирование научной картины мира был намного меньше. Поэтому, когда возникло мировоззрение европейской цивилизации Нового времени и складывалась классическая естественно-научная картина мира, закономерным было обращение к физике, ее концепциям и аргументам, во многом определившим эту картину. Степень разработанно-

сти физики была настолько велика, что она смогла создать собственную физическую картину мира, в отличие от других естественных наук, которые лишь в XX в. поставили перед собой эту задачу и смогли решить ее.

Поэтому, начиная разговор о наиболее важных и значимых научных концепциях в современном естествознании, мы начнем его с физики и картины мира, созданной этой наукой.

Физика — это наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности природы, свойства и строение материи и законы ее движения. В любом явлении физика ищет то, что объединяет его со всеми другими явлениями природы. Поэтому понятия и законы физики фундаментальны, т.е. являются основополагающими для всего естествознания.

Само слово «физика» происходит от греческого phэsis — природа. Эта наука возникла еще в античности и первоначально охватывала всю совокупность знаний о природных явлениях. Иными словами, тогда физика была тождественна всему естествознанию. Лишь к эпохе эллинизма, по мере дифференциации знаний и методов исследования, из общей науки о природе выделились отдельные естественные науки, в том числе и физика.

В своей основе физика — экспериментальная наука: ее законы базируются на фактах, установленных опытным путем. Такой она стала, начиная с Нового времени. Но, помимо экспериментальной физики, различают и теоретическую физику, цель которой состоит в формулировании законов природы. Экспериментальная и теоретическая физика не могут существовать друг без друга.

В соответствии с многообразием исследуемых физических объектов, уровней организации и форм движения современная физика подразделяется на ряд дисциплин, так или иначе связанных друг с другом. В зависимости от изучаемых физических объектов физика делится на физику элементарных частиц, физику ядра, физику атомов и молекул, газов и жидкостей, твердого тела и плазмы. По критерию уровней организации материи выделяют физику микро-, макро- и мегамира. По характеру изучаемых процессов, явлений и форм движения (взаимодействия) различают механические, электромагнитные, квантовые и гравитационные явления, тепловые и термодинамические процессы и соответствующие им области физики: механику, электродинамику, квантовую физику, теорию гравитации, термодинамику и статистическую физику.

Кроме того, современная физика содержит небольшое количество фундаментальных теорий, охватывающих все разделы физического знания. Эти теории представляют собой совокупность наиболее важных знаний о характере физических процессов и явлений, приближенное, но наиболее полное отображение различных форм движения материи в природе.

Понятие *«физическая картина мира*»* употребляется в естествознании давно, но лишь в последнее время оно стало рассматриваться не только как итог развития физического знания, но и как особый самостоятельный вид знания — самое общее теоретическое знание в физике, система понятий, принципов и гипотез, служащих исходной основой для построения теорий. Физическая картина мира, с одной стороны, обобщает все ранее полученные знания о природе, а с другой стороны, вводит в физику новые философские идеи и обусловленные ими понятия, принципы и гипотезы, которых до этого не было и которые коренным образом меняют основы физического теоретического знания. Иными словами, физическая картина мира рассматривается как физическая модель природы, включающая в себя фундаментальные физические и философские идеи, физические теории, наиболее общие понятия, принципы и методы познания, соответствующие определенному историческому этапу развития физики.

Развитие самой физики непосредственно связано с физической картиной мира, поскольку представляет собой процесс становления и смены различных ее типов. Постоянное развитие и замена одних картин мира другими, более адекватно отражающими структуру и свойства материи, есть процесс развития самой физической картины мира. Основой для выделения отдельных типов физической картины мира служит качественное изменение фундаментальных физических идей, являющихся базой для физической теории и наших представлений о структуре материи и формах ее существования. С изменения физической картины мира начинается новый этап в развитии физики с иной системой исходных понятий, принципов, гипотез и стиля мышления, с иными гносеологическими предпосылками. Переход от одного этапа к другому знаменует качественный скачок, революцию в физике, состоящую в крушении старой картины мира и появлении новой.

В пределах каждого отдельного этапа развитие физики идет эволюционным путем, без изменения основ картины мира. Оно состоит в реализации возможностей построения новых теорий, заложенных в данной картине мира. При этом она может эволюционировать, достраиваться, оставаясь в рамках определенных конкретно-физических представлений о мире. При изменении ключевых понятий картины мира происходит революция в физике. Ее результатом становится появление новой физической картины мира.

В основе объяснения явлений природы с точки зрения физики лежат фундаментальные физические понятия и принципы. К наиболее общим, фундаментальным понятиям физического описания природы относятся материя, движение, физическое взаимодействие, пространство и время, причинно-следственные связи, место и роль человека в мире.

Важнейшим из них является понятие материи. Поэтому революции в физике всегда связаны с изменением представлений о строении материи. В истории физики Нового времени это происходило дважды. В XIX в. был совершен переход от утвердившихся к XVII в. атомистических, корпускулярных представлений о материи к полевым (континуальным). В XX в. континуальные представления были заменены современными квантовыми. Поэтому можно говорить о трех последовательно сменявших друг друга физических картинах мира.

Первой в истории естествознания физической картиной мира была механическая картина мира, в рамках которой не могли найти объяснения электромагнитные явления, и поэтому она была дополнена электромагнитной картиной мира. Однако многочисленные необъяснимые физические явления, открытые в конце XIX в., показали ограниченность электромагнитной картины мира, что и привело к возникновению квантово-полевой картины мира.

4.2. Механическая картина мира

Становление механической картины мира происходило под влиянием метафизических материалистических представлений о материи и формах ее существования. Ее основу составили идеи и законы механики, которая в XVII в. была наиболее разработанным разделом физики. По сути, именно механика явилась первой *фундаментальной физической теорией.* Идеи, принципы и теории механики представляли собой совокупность наиболее существенных знаний о физических закономерностях, наиболее полно отражали физические процессы в природе. В широком смысле механика изучает механическое движение материальных тел и происходящее при этом взаимодействие между ними. Под механическим движением понимают изменение с течением времени взаимного положения тел или частиц в пространстве. Примерами механического движения в природе являются движение небесных тел, колебания земной коры, воздушные и морские течения и т.п. Происходящие в процессе механического движения взаимодействия представляют собой те действия тел друг на друга, в результате которых происходит изменение скоростей перемещения этих тел в пространстве или их деформация.

Важнейшими понятиями механики как фундаментальной физической теории стали материальная точка — тело, формы и размеры которого не существенны в данной задаче; абсолютно твердое тело — тело, расстояние между любыми точками которого остается неизменным, а его деформацией можно пренебречь. Оба вида материальных тел характеризуются с помощью следующих понятий: масса —

мера количества вещества; вес — сила, с которой тело действует на опору. Масса всегда остается постоянной, вес же может меняться. Эти понятия выражаются через следующие физические величины: координаты, импульсы, энергию, силу.

Основу механической картины мира составил атомизм — теория, которая весь мир, включая человека, рассматривала как совокупность огромного числа неделимых материальных частиц — атомов. Они перемещались в пространстве и времени в соответствии с немногими законами механики. Материя — это вещество, состоящее из мельчайших, неделимых, абсолютно твердых движущихся частиц (атомов). Это и есть корпускулярное представление о материи.

Законы механики, которые регулировали как движение атомов, так и движение любых материальных тел, считались фундаментальными законами мироздания. Поэтому ключевым понятием механической картины мира было понятие движения, которое понималось как механическое перемещение. Тела обладают внутренним врожденным свойством двигаться равномерно и прямолинейно, а отклонения от этого движения связаны с действием на тело внешней силы (инерции). Единственной формой движения является механическое движение, т.е. изменение положения тела в пространстве с течением времени. Любое движение можно представить как сумму пространственных перемещений. Движение объяснялось на основе трех законов Ньютона. Все состояния механического движения тел по отношению ко времени оказываются в принципе одинаковыми, поскольку время считается обратимым. Закономерности более высоких форм движения материи должны сводиться к законам простейшей ее формы — механическому движению.

Все многообразие взаимодействий механическая картина мира сводила только к гравитационному, которое означало наличие сил притяжения между любыми телами; величина этих сил определялась законом всемирного тяготения. Поэтому, зная массу одного тела и силу гравитации, можно определить массу другого тела. Гравитационные силы являются универсальными, т.е. они действуют всегда и между любыми телами и сообщают любым телам одинаковое ускорение.

Решая проблему взаимодействия тел, Ньютон предложил принцип дальнодействия. Согласно этому принципу, взаимодействие между телами происходит мгновенно на любом расстоянии, без материальных посредников, т.е. промежуточная среда в передаче взаимодействия участия не принимает.

Концепция дальнодействия тесно связана с пониманием пространства и времени как особых сред, вмещающих взаимодействующие тела. Ньютон предложил концепцию абсолютного пространства и абсолютного времени. Абсолютное пространство пред-

ставлялось большим «черным ящиком», универсальным вместилищем всех материальных тел в природе. Но даже если бы все эти тела вдруг исчезли, абсолютное пространство все равно бы осталось. Аналогично, в образе текущей реки, представлялось и абсолютное время. Оно становилось универсальной длительностью всех процессов во Вселенной. И абсолютное пространство, и абсолютное время существуют совершенно независимо от материи. Таким образом, пространство, время и материя представляют три не зависящих друг от друга сущности.

Таким образом, в соответствии с механической картиной мира Вселенная представляла собой хорошо отлаженный механизм, действующий по законам строгой необходимости, в котором все предметы и явления связаны между собой жесткими причинно-следственными отношениями. В таком мире нет случайностей, она полностью исключалась из картины мира. Случайным было только то, причин чего мы пока не знали. Но поскольку мир рационален, а человек наделен разумом, то в конце концов он может получить полное и исчерпывающее знание о бытии. Такой жесткий детерминизм находил свое выражение в форме динамических законов.

Жизнь и разум в механической картине мира не обладали никакой качественной спецификой. Человек в этой картине мира рассматривался как природное тело в ряду других тел, и поэтому оставался необъяснимым в своих «невещественных» качествах. Поэтому присутствие человека в мире не меняло ничего. Если бы человек однажды исчез с лица земли, мир продолжал бы существовать как ни в чем не бывало. По сути дела, классическое естествознание не стремилось постичь человека. Подразумевалось, что мир природный, в котором нет ничего человеческого, можно описать объективно, и такое описание будет точной копией реальности. Рассмотрение человека как одного из винтиков хорошо отлаженной машины автоматически устраняло его из данной картины мира.

На основе механической картины мира в XVIII — начале XIX в. была разработана земная, небесная и молекулярная механика. Быстрыми темпами шло развитие техники. Это привело к абсолютизации механической картины мира, и она стала рассматриваться в качестве универсальной.

Развитие механической картины мира было обусловлено в основном развитием механики. Успех механики Ньютона в значительной мере способствовал абсолютизации ньютоновских представлений, что выразилось в попытках свести все многообразие явлений природы к механической форме движения материи. Такая точка зрения получила название механистического материализма (механицизм). Однако развитие физики показало несостоятельность такой методологии, поскольку описать тепловые, электрические и

магнитные явления с помощью законов механики, а также движение атомов и молекул этих физических явлений оказалось невозможно. В результате в XIX в. в физике наступил кризис, который свидетельствовал, что физика нуждалась в существенном изменении своих взглядов на мир.

Оценивая механическую картину мира как один из этапов развития физической картины мира, необходимо иметь в виду, что с развитием науки основные положения механической картины мира не были просто отброшены. Развитие науки лишь раскрыло относительный характер механической картины мира. Несостоятельной оказалась не сама механическая картина мира, а ее исходная философская идея — механицизм. В недрах механической картины мира стали складываться элементы новой — электромагнитной — картины мира.

4.3. Электромагнитная картина мира

На протяжении XIX в. продолжались попытки объяснить электромагнитные явления в рамках механической картины мира. Но это оказалось невозможным: электромагнитные явления слишком отличались от механических процессов. Наибольший вклад в формирование электромагнитной картины мира внесли работы М. Фа-радея и Дж. Максвелла. После создания Максвеллом теории электромагнитного поля стало возможным говорить о появлении *электромагнитной картины мира.*

Свою теорию Максвелл разработал на основе открытого Фарадеем явления электромагнитной индукции. Проводя эксперименты с магнитной стрелкой, стремясь объяснить природу электрических и магнитных явлений, Фарадей пришел к выводу, что вращение магнитной стрелки обусловлено не электрическими зарядами, которые находятся в проводнике, а особым состоянием окружающей среды, которое возникало в месте нахождения магнитной стрелки. Это означало, что во взаимодействии тока с магнитной стрелкой активную роль играет окружающая проводник среда. В связи с этим он ввел понятие поля как множества магнитных силовых линий, пронизывающих пространство и способных определять и направлять (индуцировать) электрический ток. Это открытие привело Фа-радея к мысли о необходимости замены корпускулярных представлений о материи новыми континуальными, непрерывными.

Теория электромагнитного поля Максвелла сводится к тому, что изменяющееся магнитное поле создает не только в окружающих телах, но и в вакууме вихревое электрическое поле, которое, в свою очередь, вызывает появление магнитного поля. Так в физику была

введена новая реальность — *электромагнитное поле.* Теория электромагнитного поля Максвелла ознаменовала собой начало нового этапа в физике. В соответствии с этой теорией мир стал представляться единой электродинамической системой, построенной из электрически заряженных частиц, взаимодействующих посредством электромагнитного поля.

Важнейшими понятиями новой теории являются: *заряд,* который может быть как положительным, так и отрицательным; *напряженность поля* — сила, которая действовала бы на тело, несущее единичный заряд, если бы оно находилось в рассматриваемой точке.

Когда электрические заряды движутся друг относительно друга, появляется дополнительная магнитная сила. Поэтому общая сила, объединяющая электрическую и магнитную силы, называется *электромагнитной.* Считается, что электрические силы (поле) соответствуют покоящимся зарядам, магнитные силы (поле) — движущимся зарядам. Все многообразие этих сил и зарядов описывается системой уравнений классической электродинамики, известных как уравнения Максвелла.

Сущность уравнений классической электродинамики сводится к закону Кулона, который полностью эквивалентен закону всемирного тяготения Ньютона $(F = Qq_1q_2 / R^2)$, а также к утверждениям о том, что магнитные силовые линии непрерывны и не имеют ни начала, ни конца; магнитных зарядов не существует; электрическое поле создается переменным магнитным полем; магнитное поле может создаваться как электрическим током, так и переменным электрическим полем.

Уравнения Максвелла записываются в терминах теории поля, что позволяет единообразно описать стационарные и нестационарные электромагнитные явления, связать пространственные и временные изменения электрического и магнитного полей. Эти уравнения имеют решения, которые описывают электромагнитные волны, распространяющиеся со скоростью света. Из них можно получить решения для совокупности всех волн, которые могут распространяться в любом направлении в пространстве.

Таким образом, были выдвинуты новые физические и философские взгляды на материю, пространство, время и силы, во многом изменявшие прежнюю механическую картину мира. Разумеется, нельзя сказать, что эти изменения были кардинальными, так как они осуществились в рамках классической науки. Поэтому новую электромагнитную картину мира можно считать промежуточной, соединяющей в себе как новые идеи, так и старые механистические представления о мире.

Кардинально изменились лишь представления о материи: корпускулярные идеи уступили место континуальным (полевым). Отныне совокупность неделимых атомов переставала быть конечным

пределом делимости материи. В качестве такового принималось единое абсолютно непрерывное бесконечное поле с силовыми точечными центрами — электрическими зарядами и волновыми движениями в нем. Согласно электромагнитной картине мира, материя существует в двух видах — вещество и поле. Они строго разделены, и их превращение друг в друга невозможно. Главным из них является поле, а значит, основным свойством материи является непрерывность в противовес дискретности. Электромагнитное поле распространяется в виде поперечных электромагнитных волн со скоростью света, захватывая постоянно новые области пространства. Заполнение пространства электромагнитным полем нельзя описать на основе законов Ньютона, так как механика не понимает этого механизма. В электромагнетизме изменение одной сущности (магнитного поля) приводит к появлению другой сущности (электрического поля). Обе эти сущности образуют в совокупности электромагнитное поле. В механике же одно материальное явление не зависит от изменения другого, и вместе они не создают единой сущности.

Расширилось также и понятие движения. Оно стало пониматься не только как простое механическое перемещение, но и как распространение колебаний в поле. Соответственно законы механики Ньютона уступили свое господствующее место законам электродинамики Максвелла.

Новая картина мира требовала нового решения проблемы физического взаимодействия. Ньютоновский принцип дальнодействия заменялся фарадеевским принципом близкодействия, который утверждал, что любые взаимодействия передаются полем от точки к точке непрерывно и с конечной скоростью.

Концепция абсолютного пространства и абсолютного времени Ньютона не подходила к новым полевым представлениям о материи, так как поля не имеют четко очерченных границ и перекрывают друг друга. Кроме того, поля — это абсолютно непрерывная материя, поэтому пустого пространства просто нет. Так же и время должно быть неразрывно связано с процессами, происходящими в поле. Было ясно, что пространство и время нельзя рассматривать как самостоятельные, независимые от материи сущности. Но инерция мышления и сила привычки были столь велики, что еще долго ученые предпочитали верить в существование абсолютного пространства и абсолютного времени.

Первоначально в понимании пространства и времени электромагнитная картина мира исходила из убеждения, что абсолютное пустое пространство заполнено мировым эфиром. С неподвижным эфиром ученые пытались связать абсолютную систему отсчета. При этом для объяснения многих материальных явлений эфиру приходилось приписывать необычные свойства, зачастую противоречащие друг другу. Однако создание специальной теории относитель-

ности вынудило ученых отказаться от идеи эфира, поскольку данная теория исходила из относительности длины, времени и массы, т.е. из их зависимости от системы отсчета. Поэтому лишь к началу XX в. абсолютная концепция пространства и времени уступила место реляционной (относительной) концепции пространства и времени, в соответствии с которой пространство, время и материя существуют только вместе, полностью зависят друг от друга. При этом пространство и время являются свойствами материальных тел.

Электромагнитная картина мира произвела настоящий переворот в физике. Она базировалась на идеях непрерывности материи, материального электрического поля, неразрывности материи и движения, связи пространства и времени как между собой, так и с движущейся материей. Новое понимание сущности материи поставило ученых перед необходимостью пересмотра и переоценки этих основополагающих качеств материи.

Законы электродинамики, как и законы классической механики, все еще однозначно предопределяли события, которые они описывали, поэтому случайность пытались исключить из физической картины мира. Однако в середине XIX в. впервые появилась фундаментальная физическая теория нового типа, которая основывалась на теории вероятности. Это была кинетическая теория газов, или *статистическая механика.* Случайность, вероятность наконец-то нашли свое место в физике и были отражены в форме так называемых статистических законов. Правда, пока физики не оставляли надежды найти за вероятностными характеристиками четкие однозначные законы, подобные законам Ньютона, и считали вновь созданную теорию промежуточным вариантом, временной мерой. Тем не менее, прогресс был налицо: в электромагнитную картину мира вошло понятие вероятности.

Не менялось в электромагнитной картине мира и представление о месте и роли человека во Вселенной. Его появление считалось лишь капризом природы. Эти взгляды еще более упрочились после появления дарвиновской теории эволюции. Идеи о качественной специфике жизни и разума с большим трудом прокладывали себе путь в научном мировоззрении.

Электромагнитная картина мира объяснила большой круг физических явлений, непонятных с точки зрения прежней механической картины мира. Однако дальнейшее ее развитие показало, что она имеет ограниченный характер. Главная проблема состояла в том, что континуальное понимание материи не согласовывалось с опытными фактами, подтверждающими дискретность ее многих свойств — заряда, излучения, действия. Оставалась также нерешенной проблема соотношения между полем и зарядом, не удавалось объяснить устойчивость атомов и их спектры, излучение абсолютно черного тела. Все

это свидетельствовало об относительном характере электромагнитной картины мира и необходимости ее замены новой физической картиной мира. Поэтому на смену ей пришла новая — квантово-полевая — картина мира, объединившая в себе дискретность механической картины мира и непрерывность электромагнитной картины мира.

4.4. Квантово-полевая картина мира

Согласно электромагнитной картине мира окружающий человека мир представляет собой сплошную среду — поле, которое может иметь в разных точках различную температуру, концентрировать разный энергетический потенциал, по-разному двигаться и т.д. Сплошная среда может занимать значительные области пространства, ее свойства изменяются непрерывно, у нее нет резких границ. Этими свойствами поле отличается от физических тел, имеющих определенные и четкие границы. Разделение мира на тела и частицы поля, на поле и пространство является свидетельством существования двух крайних свойств мира — дискретности и непрерывности. *Дискретность (прерывность)* мира означает конечную делимость всего пространственно-временного строения на отдельные ограниченные предметы, свойства и формы движения, тогда как *непрерывность (континуальность)* выражает единство, целостность и неделимость объекта.

В рамках классической физики дискретность и непрерывность мира первоначально выступают как противоположные друг другу, отдельные и независимые, хотя в целом и взаимодополняющие свойства. В современной физике это единство противоположностей, дискретного и непрерывного нашло свое обоснование в концепции корпускулярно-волнового дуализма.

В основе современной квантово-полевой картины мира лежит новая физическая теория — квантовая механика, описывающая состояние и движение микрообъектов материального мира.

Квантовой механикой называют теорию, устанавливающую способ описания и законы движения микрочастиц (элементарных частиц, атомов, молекул, атомных ядер) и их систем, а также связь величин, характеризующих частицы и системы, с физическими величинами, непосредственно измеряемыми опытным путем.

Законы квантовой механики составляют фундамент изучения строения вещества. Они позволяют выяснить строение атомов, установить природу химической связи, объяснить периодическую систему элементов, изучить свойства элементарных частиц.

Поскольку свойства макроскопических тел определяются движением и взаимодействием частиц, из которых они состоят, то законы квантовой механики лежат в основе понимания большинства макроскопических явлений. Например, квантовая механика позволила определить строение и понять многие свойства твердых тел, последовательно объяснить явления ферромагнетизма, сверхтекучести, сверхпроводимости, понять природу астрофизических объектов — белых карликов, нейтронных звезд, выяснить механизм протекания термоядерных реакций на Солнце и звездах.

Разработка квантовой механики относится к началу XX в., когда были обнаружены физические явления, свидетельствующие о неприменимости механики Ньютона и классической электродинамики к процессам взаимодействия света с веществом и процессам, происходящим в атоме. Установление связи между этими группами явлений и попытки объяснить их на основе теории привели к открытию законов квантовой механики.

Впервые в науке представления о кванте высказал в 1900 г. М. Планк в процессе исследования теплового излучения тел. Своими исследованиями он продемонстрировал, что излучение энергии происходит дискретно, определенными порциями — квантами, энергия которых зависит от частоты световой волны. Эксперименты Планка привели к признанию двойственного характера света, который обладает одновременно и корпускулярными, и волновыми свойствами, представляя собой, таким образом, диалектическое единство этих противоположностей. Диалектика, в частности, выражается в том, что чем короче длина волны излучения, тем ярче проявляются квантовые свойства; чем больше длина волны, тем ярче проявляются волновые свойства света.

В 1924 г. французский физик Л. де Бройль выдвинул гипотезу, что корпускулярно-волновой дуализм имеет универсальный характер, т.е. все частицы вещества обладают волновыми свойствами. Позднее эта идея была подтверждена экспериментально, и принцип корпускулярно-волнового дуализма был распространен на все процессы движения и взаимодействия в микромире.

В частности, Н. Бор применил идею квантования энергии к теории строения атома. Согласно его представлениям в центре атома находится положительно заряженное ядро, в котором сосредоточена почти вся масса атома, а вокруг ядра вращаются по орбитам отрицательно заряженные электроны. Вращающиеся электроны должны терять часть своей энергии, что влечет за собой нестабильное существование атомов. Однако на практике атомы не только существуют, но и являются весьма устойчивыми. Объясняя этот вопрос, Бор предположил, что электрон, совершая движение по своей орбите, не испускает квантов. Излучение происходит лишь при переходе электрона с одной орбиты на другую, т.е. с одного уровня энер-

гаи на другой, с меньшей энергией. В момент перехода и рождается квант излучения.

В соответствии с квантово-полевой картиной мира любой микрообъект, обладая волновыми и корпускулярными свойствами, не имеет определенной траектории движения и не может иметь определенных координат и скорости (импульса). Это можно сделать только через определение волновой функции в данный момент, а потом найти его волновую функцию в любой другой момент. Квадрат модуля дает вероятность нахождения частицы в данной точке пространства.

Кроме того, относительность пространства-времени в данной картине мира приводит к неопределенности координат и скорости в данный момент, к отсутствию траектории движения микрообъекта. И если в классической физике вероятностным законам подчинялось поведение большого числа частиц, то в квантовой механике поведение каждой микрочастицы подчиняется не динамическим, а статистическим законам.

Таким образом, материя двулика: она обладает и корпускулярными, и волновыми свойствами, которые проявляются в зависимости от условий. Отсюда общая картина реальности в квантово-полевой картине мира становится как бы двуплановой: с одной стороны, в нее входят характеристики исследуемого объекта, а с другой — условия наблюдения, от которых зависит определенность этих характеристик. Это означает, что картина реальности в современной физике является не только картиной объекта, но и картиной процесса его познания.

Итак, ушли в прошлое представления о неизменности материи и возможности достичь конечного предела ее делимости. Сегодня мы рассматриваем материю с точки зрения корпускулярно-волнового дуализма. Одной из основных особенностей элементарных частиц является их универсальная взаимопревращаемость и взаимозависимость. В современной физике основным материальным объектом является квантовое поле, переход его из одного состояния в другое меняет число частиц.

Кардинально меняется представление о движении, которое становится лишь частным случаем фундаментальных физических взаимодействий. Известно четыре вида фундаментальных физических взаимодействий: гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое. Все они описываются на основе современного принципа близкодействия. В соответствии с ним взаимодействие каждого типа передается соответствующим полем от точки к точке. При этом скорость передачи взаимодействия всегда конечна и не может превышать скорости света в вакууме (300 000 км/с).

Окончательно утверждаются представления об относительности пространства и времени, их зависимости от материи. Пространство

и время перестают быть независимыми друг от друга и согласно теории относительности сливаются в едином четырехмерном пространстве-времени, которое не существует вне материальных тел.

Спецификой квантово-полевых представлений о закономерности и причинности является *то,* что они всегда выступают в вероятностной форме, в виде так называемых статистических законов. Они соответствуют более глубокому уровню познания природных закономерностей. Таким образом, оказалось, что в основе нашего мира лежит случайность, вероятность.

Также новая картина мира впервые включила в себя наблюдателя, от присутствия которого зависели получаемые результаты исследований. Более того, был сформулирован так называемый *антропныи принцип,* который утверждает, что наш мир таков, каков он есть, только благодаря существованию человека. Отныне появление человека считается закономерным результатом эволюции Вселенной.

4.5. Соотношение динамических и статистических законов

Все положения физической картины мира тесно связывают физику с философией. Но одно из них прямо входит в философские основания науки — это положение о форме физических законов, отражающих причинно-следственные связи, существующие в природе.

Наука исходит из признания того, что все существующее в мире возникает и уничтожается закономерно, в результате действия определенных причин, что все природные, социальные и психические явления связаны между собой причинно-следственными связями, а беспричинных явлений не бывает. Такая позиция называется *детерминизмом* в противоположность индетерминизму, отрицающему объективную причинную обусловленность явлений природы, общества и человеческой психики.

В современной физике идея детерминизма выражается в признании существования объективных физических закономерностей. Открытие этих закономерностей — существенных, повторяющихся связей между предметами и явлениями — задача науки, так же как и формулирование их в виде законов науки, которые являются нашим знанием о природных закономерностях.

Никакое научное знание, никакая научная теория не могут отразить окружающий мир, его отдельные фрагменты полностью, без упрощений и огрублений действительности. То же самое касается и законов науки. Они могут лишь в большей или меньшей степени приближаться к адекватному отображению объективных закономерностей, но искажения в *ходе* этого процесса неизбежны. Поэто-

му для науки очень важно, какую форму имеют ее законы, насколько они соответствуют природным закономерностям.

Физика знает два типа физических законов (теорий) — динамические и статистические.

Динамический закон — это физический закон, отображающий объективную закономерность в форме однозначной связи физических величин, выражаемых количественно.

Динамической теорией является физическая теория, представляющая совокупность динамических законов. Исторически первой и наиболее простой теорией такого рода явилась классическая механика Ньютона.

Долгое время считалось, что никаких других законов, кроме динамических, не существует. Это было связано с установкой классической науки на механистичность и метафизичность, со стремлением построить любые научные теории по образцу механики Ньютона. Если какие-либо объективные процессы и закономерности не вписывались в предусмотренные динамическими законами рамки, считалось, что мы просто не знаем их причин, однако с течением времени это знание будет получено.

Такая позиция, связанная с отрицанием случайностей любого рода, с абсолютизацией динамических закономерностей и законов, называется *механическим детерминизмом.* Формулирование этого требования в жесткой форме обычно связывают с именем П. Лапласа, который заявлял, что если бы нашелся достаточно обширный ум, которому были бы известны для любого данного момента все силы, действующие на все тела Вселенной (от самых больших ее тел до мельчайших атомов), а также их местоположение, если бы он смог проанализировать эти данные в единой формуле движения, то не осталось бы ничего, что было бы недостоверным, и ему было бы открыто как прошлое, так и будущее Вселенной.

В середине XIX в. в физике были сформулированы законы, предсказания которых не являются определенными, а только вероятными. Они получили название **статистических законов.**

Так, в 1859 г. была доказана несостоятельность позиции механического детерминизма: Максвелл при построении статистической механики использовал законы нового типа и ввел в физику понятие вероятности. Это понятие было выработано ранее математикой при анализе случайных явлений.

При бросании игральной кости, как мы знаем, может выпасть любое число очков от 1 до 6. Предсказать, какое число очков выпа-

дет при данном броске кости, нельзя. Мы можем подсчитать лишь вероятность выпадения любого числа очков. В данном случае она будет равна 1/6. Эта вероятность имеет объективный характер, так как выражает объективные отношения реальности. Действительно, если мы бросим кость, то какая-то сторона с определенным числом очков выпадет обязательно. Это такая же строгая причинно-следственная связь, как и та, что отражается динамическими законами, но она имеет другую форму, так как показывает вероятность, а не однозначность события.

Проблема в том, что для обнаружения такого рода закономерностей обычно требуется не единичное событие, а цикл событий, в результате чего мы можем получить статистические средние значения. Так, если бросить кость 300 раз, то среднее число выпадения любого значения будет равно 300 • 1/6 = 50 раз. При этом совершенно безразлично, бросать одну и ту же кость или одновременно бросить 300 одинаковых костей.

Несомненно, что поведение газовых молекул в сосуде — гораздо более сложный процесс. Но и здесь можно обнаружить определенные количественные закономерности, позволяющие вычислить статистические средние значения. Максвеллу удалось решить эту задачу и показать, что случайное поведение отдельных молекул подчинено определенному статистическому (вероятностному) закону.

Статистические законы, в отличие от динамических, отражают однозначную связь не физических величин, а их статистических распределений. Но это такой же однозначный результат, как и в динамических теориях. Ведь статистические теории, как и динамические, выражают необходимые связи в природе, а они не могут быть выражены иначе, чем через однозначную связь состояний. Различается только способ фиксации этих состояний.

На уровне статистических законов и закономерностей мы также сталкиваемся с причинностью. Но это иная, более глубокая форма детерминизма. В отличие от жесткого классического детерминизма, он может быть назван *вероятностным (современным) детерминизмом.* Эти законы меньше огрубляют действительность. Поэтому они способны учитывать и отражать те случайности, которые происходят в мире.

Сразу же после появления в физике понятия статистического закона возникла проблема существования статистических закономерностей и их соотношения с динамическими законами и закономерностями.

С развитием науки подход к этой проблеме и даже ее постановка менялись. Первоначально никаких сомнений в преимуществе динамических законов перед статистическими не было. Они считались временной мерой, которой можно пользоваться до открытия соответствующих динамических законов.

К началу XX в. стало очевидно, что нельзя отрицать роль статистических законов в описании физических явлений. Дело в том, что появлялось все больше статистических теорий, а все теоретические расчеты, проведенные в рамках этих теорий, полностью подтверждались экспериментальными данными. Результатом стало выдвижение теории равноправия динамических и статистических законов. Те и другие законы рассматривались как равноправные, но относящиеся к различным явлениям. Считалось, что каждый тип закона имеет свою сферу применения, что они не сводятся друг к другу, а взаимно дополняют друг друга. Обычно говорили, что индивидуальные объекты, простейшие формы движения должны описываться с помощью динамических законов, а большая совокупность этих же объектов, высшие, более сложные формы движения — с помощью статистических законов. Соотношение таких теорий, как термодинамика и статистическая механика, электродинамика Максвелла и электронная теория Лоренца, казалось, подтверждало это.

Ситуация в науке кардинально изменилась после возникновения и развития *квантовой теории.* Она привела к пересмотру всех представлений о роли динамических и статистических законов в отображении закономерностей природы. Был обнаружен статистический характер поведения отдельных элементарных частиц, никаких динамических законов в квантовой механике открыть не удалось. Таким образом, сегодня большинство ученых рассматривают статистические законы как наиболее глубокую, наиболее общую форму описания всех физических закономерностей.

После создания квантовой механики можно с полным основанием утверждать, что динамические законы представляют собой первый, низший этап в познании окружающего мира. Статистические законы более полно отражают объективные связи в природе, являясь более высокой ступенью познания. На протяжении всей истории развития науки мы видим, как первоначально возникшие динамические теории, охватывающие определенный круг явлений, сменяются по мере развития науки статистическими теориями, описывающими тот же круг вопросов с новой, более глубокой точки зрения. Только они способны отразить случайность и вероятность, играющие огромную роль в окружающем нас мире. Только они соответствуют современному (вероятностному) детерминизму.

4.6. Принципы современной физики

Важной частью современной физической картины мира являются принципы современной физики — наиболее общие законы,

влияние которых распространяется на все физические процессы, все формы движения материи.

Принцип симметрии

В той или иной степени представление о симметрии есть у всех людей, так как этим свойством обладают самые разные предметы, играющие важную роль в повседневной жизни.

Обычно под **симметрией** (от греч. symmetria — соразмерность) понимают однородность, пропорциональность, гармонию каких-либо материальных объектов.

Наглядных, классических симметрий известно довольно много. Многим творениям человеческих рук в силу самых разных причин придается симметричная форма. Симметричны мячи, многие здания и сооружения, произведения искусства. Также симметричны многие человеческие действия. Симметрию можно обнаружить в живописи, музыке, поэзии, танце. В изобилии симметрии встречаются в природе (снежинка, дождевая капля, различные кристаллы и т.д.).

Все названные нами типы симметрии связаны с представлениями о структуре предметов, которая не меняется при проведении некоторых преобразований. Долгое время это были единственные симметрии, известные в науке. Но постепенно было осознано, что симметрии могут быть не только наглядными, связанными с геометрическими операциями. Существует целый ряд симметрий, связанных с описанием каких-либо изменений сложных естественных процессов. Эти симметрии не фиксируются в наблюдениях, они становятся заметны лишь в уравнениях, описывающих природные процессы. Поэтому физики, исследуя математическое описание той или иной физической системы, время от времени открывают новые, часто неожиданные симметрии, которые достаточно тонко «запрятаны» в математическом аппарате и совсем не видны тому, кто непосредственно наблюдает физическую систему.

Поэтому сегодня математическое исследование, основанное на анализе симметрии, также может стать источником выдающихся открытий в физике. Даже если заложенные в математическом описании симметрии трудно или невозможно представить себе наглядно, тем не менее они могут указать путь к выявлению новых фундаментальных принципов природы. Поиск новых симметрий стал главным средством, помогающим физику продвигаться к более глубокому пониманию мира.

С точки зрения физики симметричным является объект, который в результате определенных преобразований остается неизмен-

ным, инвариантным. *Инвариантность* — это неизменность какой-либо величины при изменении физических условий, способность не изменяться при определенных преобразованиях.

Симметрия в физике — это свойство физических величин, детально описывающих поведение системы, оставаться неизменными (инвариантными) при определенных их преобразованиях.

Симметрии в физике тесно связаны с законами сохранения физических величин — утверждениями, согласно которым численные значения некоторых физических величин не изменяются со временем в любых процессах или определенных классах процессов.

Так, закон сохранения энергии вытекает из однородности времени. Время симметрично относительно начала отсчета, все момента времени равноправны.

Закон сохранения импульса следует из однородности пространства. Все точки пространства равноправны, поэтому перенос системы никак не повлияет на ее свойства.

Закон сохранения момента импульса исходит из изотропности пространства. Свойства пространства одинаковы по всем направлениям, поэтому поворот системы не влияет на ее свойства.

Также имеет место целый ряд симметрий, действующих в микромире. Они описывают различные аспекты взаимопревращений элементарных частиц и лежат в основе таких законов сохранения, как закон сохранения электрического заряда, барионного и лептонного зарядов и ряда других законов, открытых в последнее время. Таким образом, XX в. подтвердил огромную роль принципа симметрии в физике.

Принцип дополнительности и соотношения неопределенностей

Принцип дополнительности является основополагающим в современной физике. Он был сформулирован в 1927 г. Н. Бором для объяснения феномена корпускулярно-волнового дуализма.

Прежде всего, Бор обратил внимание на то, что все предметы и явления, которые мы видим вокруг себя, и, конечно, измерительные приборы для регистрации элементарных частиц состоят из огромного множества микрочастиц. Иными словами, они являются макроскопическими системами, ничем иным они быть не могут. Сам человек — существо макроскопическое. Поэтому наши органы чувств не воспринимают микропроцессов. Понятия, которыми мы пользуемся для описания предметов и явлений окружающего мира, — это макроскопические понятия. С их помощью можно легко опи-

сать любые физические процессы, проходящие в макромире. Вместе с тем применить эти понятия для описания микрообъектов полностью нельзя, так как они неадекватны процессам микромира.

Но других понятий у нас нет и быть не может. Поэтому, чтобы компенсировать неадекватность нашего восприятия и представлений об объектах микромира, нам приходится применять два дополняющих друг друга набора понятий, хотя с точки зрения классической науки они взаимно исключают друг друга, — это понятия частицы и волны. Только в совокупности они дают исчерпывающую информацию о квантовых явлениях.

Частным выражением принципа дополнительности является *соотношение неопределенностей,* сформулированное В. Гейзенбергом в 1927 г. Этот принцип наглядно иллюстрирует отличие квантовой теории от классической механики.

Если в классической механике мы допускаем, что можно абсолютно точно знать координаты, импульс и энергию частицы в любой момент времени, то в квантовой механике это невозможно. В соответствии с принципом неопределенности, чем точнее фиксирован импульс, тем большая неопределенность будет содержаться в значении координаты, и наоборот. Также соотносятся энергия и время. Точность измерения энергии обратно пропорциональна длительности процесса измерения. Причина этого — во взаимодействии прибора с объектом измерения.

Принцип суперпозиции

Принцип суперпозиции (наложения) — это допущение, согласно которому результирующий эффект представляет собой сумму эффектов, вызываемых каждым воздействующим явлением в отдельности. Одним из простых примеров принципа суперпозиции является правило параллелограмма, в соответствии с которым складываются две силы, воздействующие на тело. Этот принцип выполняется при условии, когда воздействующие явления не влияют друг на друга. Поэтому в ньютоновской физике он неуниверсален и во многих случаях справедлив лишь приближенно.

В микромире, наоборот, принцип суперпозиции — фундаментальный принцип, который наряду с принципом неопределенности составляет основу математического аппарата квантовой механики. Но, к сожалению, в квантовой теории принцип суперпозиции лишен той наглядности, которая характерна для механики Ньютона. Его интерпретируют так: пока не проведено измерение, бессмысленно спрашивать, в каком состоянии находится физическая система. Иными словами, до измерения система находится в суперпозиции двух возможных состояний, т.е. ее состояние неопределенно. Акт измерения переводит физическую систему скачком в одно из возможных состояний.

Принцип соответствия

Принцип соответствия был сформулирован Н. Бором в 1923 г., когда физики столкнулись с ситуацией, что рядом со старыми, давно оправдавшими себя теориями (например, с механикой Ньютона), появились новые теории (теория относительности Эйнштейна), описывающие ту же область действительности. Принцип соответствия утверждает преемственность физических теорий, в частности, то, что никакая новая теория не может быть справедливой, если она не содержит в качестве предельного случая старую теорию, относящуюся к тем же явлениям, поскольку старая теория уже оправдала себя в своей области.

Поэтому теории, справедливость которых была экспериментально установлена для определенной группы явлений, с построением новой теории не отбрасываются, но сохраняют свое значение для прежней области явлений как предельное выражение законов новых теорий. Выводы новых теорий в области, где справедлива старая теория, переходят в выводы старых теорий.

Каждая физическая теория как ступень познания является относительной истиной. Смена физических теорий — это процесс приближения к абсолютной истине, процесс, который не будет никогда полностью завершен из-за бесконечной сложности и разнообразия окружающего нас мира. Таким образом, принцип соответствия отражает объективную ценность физических теорий.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Вигнер Е.* Этюды о симметрии. М., 1971.
2. *Воронов В.К., Гречнева М.В., Сагдеев Р.З.* Основы современного естествознания. М., 1999.
3. *Гудков Н.А.* Идея «великого синтеза» в физике. Киев, 1990.
4. *Девис П.* Суперсила. М., 1989.
5. *Единство* физики. Новосибирск, 1993.
6. *Мякишев Г.Я.* Динамические и статистические закономерности в физике. М., 1973.
7. *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. М., 1990.
8. *Пахомов Б.Я.* Становление современной физической картины мира. М., 1985.
9. *Фундаментальная* структура материи / Под ред. Д. Малви. М., 1984.

Глава 5
Современные концепции физики

5.1. Структурные уровни организации материи

В самом общем виде материя представляет собой бесконечное множество всех сосуществующих в мире объектов и систем, совокупность их свойств, связей, отношений и форм движения. При этом она включает в себя не только все непосредственно наблюдаемые объекты и тела природы, но и все то, что не дано нам в ощущениях. Весь окружающий нас мир — это движущаяся материя в ее бесконечно разнообразных формах и проявлениях, со всеми свойствами, связями и отношениями. В этом мире все объекты обладают внутренней упорядоченностью и системной организацией. Упорядоченность проявляется в закономерном движении и взаимодействии всех элементов материи, благодаря чему они объединяются в системы. Весь мир, таким образом, предстает как иерархически организованная совокупность систем, где любой объект одновременно является самостоятельной системой и элементом другой, более сложной системы.

Согласно современной естественно-научной картине мира все природные объекты также представляют собой упорядоченные, структурированные, иерархически организованные системы. Исходя из системного подхода к природе вся материя делится на два больших класса материальных систем — неживую и живую природу. В системе *неживой природы* структурными элементами являются: элементарные частицы, атомы, молекулы, поля, макроскопические тела, планеты и планетные системы, звезды и звездные системы, галактики, метагалактики и Вселенная в целом. Соответственно в *живой природе* основными элементами выступают белки и нуклеиновые кислоты, клетка, одноклеточные и многоклеточные организмы, органы и ткани, популяции, биоценозы, живое вещество планеты.

В то же время как неживая, так и живая материя включают в себя ряд взаимосвязанных структурных уровней. Структура — это совокупность связей между элементами системы. Поэтому любая система состоит не только из подсистем и элементов, но и из разнообразных связей между ними. Внутри этих уровней главными являют-

ся горизонтальные (координационные) связи, а между уровнями — вертикальные (субординационные). Совокупность горизонтальных и вертикальных связей позволяет создать иерархическую структуру Вселенной, в которой основным квалификационным признаком является размер объекта и его масса, а также их соотношение с человеком. На основе этого критерия выделяют следующие уровни материи: микромир, макромир и мегамир.

Микромир — область предельно малых, непосредственно ненаблюдаемых материальных микрообъектов, пространственная размерность которых исчисляется в диапазоне от 10^{-8} до 10^{-16} см, а время жизни — от бесконечности до 10^{-24} с. Сюда относятся поля, элементарные частицы, ядра, атомы и молекулы.

Макромир — мир материальных объектов, соизмеримых по своим масштабам с человеком и его физическими параметрами. На этом уровне пространственные величины выражаются в миллиметрах, сантиметрах, метрах и километрах, а время — в секундах, минутах, часах, днях и годах. В практической действительности макромир представлен макромолекулами, веществами в различных агрегатных состояниях, живыми организмами, человеком и продуктами его деятельности, т.е. макротелами.

Мегамир — сфера огромных космических масштабов и скоростей, расстояние в которой измеряется астрономическими единицами, световыми годами и парсеками, а время существования космических объектов — миллионами и миллиардами лет. К этому уровню материи относятся наиболее крупные материальные объекты: звезды, галактики и их скопления.

На каждом из этих уровней действуют свои специфические закономерности, несводимые друг к другу. Хотя все эти три сферы мира теснейшим образом связаны между собой.

Структура мегамира

Основными структурными элементами мегамира являются планеты и планетные системы; звезды и звездные системы, образующие галактики; системы галактик, образующие метагалактики.

Планеты — несамосветящиеся небесные тела, по форме близкие к шару, вращающиеся вокруг звезд и отражающие их свет. В силу близости к Земле наиболее изученными являются планеты Солнечной системы, двигающиеся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам. К этой группе планет относится и наша Земля, расположенная от Солнца на расстоянии 150 млн. км.

Звезды — светящиеся (газовые) космические объекты, образующиеся из газово-пылевой среды (преимущественно водорода и гелия) в результате гравитационной конденсации. Звезды удалены

друг от друга на огромные расстояния и тем самым изолированы друг от друга. Это означает, что звезды практически не сталкиваются друг с другом, хотя движение каждой из них определяется силой тяготения, создаваемой всеми звездами Галактики. Число звезд в Галактике — порядка триллиона. Самые многочисленные из них — карлики, массы которых примерно в 10 раз меньше массы Солнца. В зависимости от массы звёзды в процессе эволюции становятся либо белыми карликами, либо нейтронными звездами, либо черными дырами.

Белый карлик — это электронная постзвезда, образующаяся в том случае, когда звезда на последнем этапе своей эволюции имеет массу, меньшую 1,2 солнечной массы. Диаметр белого карлика равен диаметру нашей Земли, температура достигает около миллиарда градусов, а плотность — 10 т/см^3, т.е. в сотни раз больше земной плотности.

Нейтронные звезды возникают на заключительной стадии эволюции звезд, обладающих массой от 1,2 до 2 солнечных масс. Высокие температура и давление в них создают условия для образования большого количества нейтронов. В этом случае происходит очень быстрое сжатие звезды, в ходе которого в наружных ее слоях начинается бурное протекание ядерных реакций. При этом выделяется так много энергии, что происходит взрыв с разбросом наружного слоя звезды. Внутренние же ее области стремительно сжимаются. Оставшийся объект и получил название нейтронной звезды, поскольку он состоит из протонов и нейтронов. Нейтронные звезды также называют пульсарами.

Черные дыры — это звезды, находящиеся на заключительном этапе своего развития, масса которых превышает 2 солнечные массы, и имеющие диаметр от 10 до 20 км. Теоретические расчеты показали, что они обладают гигантской массой (10^{15} г) и аномально сильным гравитационным полем. Свое название они получили потому, что не обладают свечением, а за счет своего гравитационного поля захватывают из пространства все космические тела и излучение, которые не могут выйти из них обратно, они как бы проваливаются в них (затягиваются, как в дыру). Из-за сильной гравитации никакое захваченное материальное тело не может выйти за пределы гравитационного радиуса объекта, и поэтому они кажутся наблюдателю «черными».

Звездные системы (звездные скопления) — группы звезд, связанные между собой силами тяготения, имеющие совместное происхождение, сходный химический состав и включающие в себя до сотен тысяч отдельных звезд. Существуют рассеянные звездные системы, например Плеяды в созвездии Тельца. Такие системы не имеют правильной формы. В настоящее время известно более тысячи

звездных систем. Кроме того, к звездным системам относятся шаровые звездные скопления, насчитывающие в своем составе сотни тысяч звезд. Силы тяготения удерживают звезды в таких скоплениях миллиарды лет. В настоящее время ученым известно около 150 шаровых скоплений.

Галактики — совокупности звездных скоплений. Понятие «галактика» в современной интерпретации означает огромные звездные системы. Этот термин (от греч. «молоко, молочный») был введен в обиход для обозначения нашей звездной системы, представляющей собой тянущуюся через все небо светлую полосу с молочным оттенком и поэтому названную Млечным Путем.

Условно по внешнему виду галактики можно разделить на три вида. К *первому* (около 80%) относятся спиральные галактики. У этого вида отчетливо наблюдаются ядро и спиральные «рукава». *Второй вид* (около 17%) включает эллиптические галактики, т.е. такие, которые имеют форму эллипса. К *третьему виду* (примерно 3%) относятся галактики неправильной формы, которые не имеют отчетливо выраженного ядра. Кроме того, галактики различаются размерами, числом входящих в них звезд и светимостью. Все галактики находятся в состоянии движения, причем расстояние между ними постоянно увеличивается, т.е. происходит взаимное удаление (разбегание) галактик друг от друга.

Наша Солнечная система принадлежит к галактике Млечного Пути, включающей не менее 100 млрд. звезд и поэтому относящейся к разряду гигантских галактик. Она имеет сплюснутую форму, в центре которой находится ядро с отходящими от него спиральными «рукавами». Диаметр нашей Галактики составляет около 100 тыс., а толщина — 10 тыс. световых лет. Соседней с нами является галактика Туманность Андромеды.

Метагалактика — система галактик, включающая все известные космические объекты.

Поскольку мегамир имеет дело с большими расстояниями, то для измерения этих расстояний разработаны следующие специальные единицы:

1) световой год — расстояние, которое проходит луч света в течение одного года со скоростью 300 000 км/с, т.е. световой год составляет 10 трлн км;

2) астрономическая единица — это среднее расстояние от Земли до Солнца, 1 а.е. равна 8,3 световым минутам. Это значит, что солнечные лучи, оторвавшись от Солнца, достигают Земли через 8,3 мин;

3) парсек — единица измерения космических расстояний внутри звездных систем и между ними. 1пк — 206 265 а.е., т.е. приблизительно равен 30 трлн км, или 3,3 световым годам.

Структура макромира

Каждый структурный уровень материи в своем развитии подчиняется специфическим законам, но при этом между этими уровнями нет строгих и жестких границ, все они теснейшим образом связаны между собой. Границы микро- и макромира подвижны, не существует отдельного микромира и отдельного макромира. Естественно, что макрообъекты и мегаобъекты построены из микрообъектов. Тем не менее, выделим важнейшие объекты макромира.

Центральным понятием макромира является понятие вещества, которое в классической физике, являющейся физикой макромира, отделяют от поля. Под *веществом* понимают вид материи, обладающий массой покоя. Оно существует для нас в виде физических тел, которые обладают некоторыми общими параметрами — удельной массой, температурой, теплоемкостью, механической прочностью или упругостью, тепло- и электропроводностью, магнитными свойствами и т.п. Все эти параметры могут изменяться в широких пределах как от одного вещества к другому, так и для одного и того же вещества в зависимости от внешних условий.

Структура микромира

На рубеже XIX—XX вв. в естественно-научной картине мира произошли радикальные изменения, вызванные новейшими научными открытиями в области физики и затронувшие ее основополагающие идеи и установки. В результате научных открытий были опровергнуты традиционные представления классической физики об атомной структуре вещества. Открытие электрона означало утрату атомом статуса структурно неделимого элемента материи и тем самым коренную трансформацию классических представлений об объективной реальности. Новые открытия позволили:

1) выявить существование в объективной реальности не только макро-, но и микромира;

2) подтвердить представление об относительности истины, являющейся только ступенькой на пути познания фундаментальных свойств природы;

3) доказать, что материя состоит не из «неделимого первоэлемента» (атома), а из бесконечного многообразия явлений, видов и форм материи и их взаимосвязей.

Концепция элементарных частиц. Переход естественно-научных знаний с атомного уровня на уровень элементарных частиц привел ученых к заключению, что понятия и принципы классической физики оказываются неприменимыми к исследованию физических свойств мельчайших частиц материи (микрообъектов), таких, как

электроны, протоны, нейтроны, атомы, которые образуют невидимый нами микромир. В силу особых физических показателей свойства объектов микромира совершенно не похожи на свойства объектов привычного нам макромира и далекого мегамира. Отсюда возникла необходимость отказа от привычных представлений, которые навязаны нам предметами и явлениями макромира. Поиски новых способов описания микрообъектов способствовали созданию *концепции элементарных частиц.*

Согласно этой концепции основными элементами структуры микромира выступают микрочастицы материи, которые не являются ни атомами, ни атомными ядрами, не содержат в себе каких-либо других элементов и обладают наиболее простыми свойствами. Такие частицы были названы *элементарными,* т.е. самыми простыми, не имеющими в себе никаких составных частей.

После того как было установлено, что атом не является последним «кирпичиком» мироздания, а построен из более простых элементарных частиц, их поиск занял главное место в исследованиях физиков. История открытия фундаментальных частиц началась в конце XIX в., когда в 1897 г. английский физик Дж. Томсон открыл первую элементарную частицу — электрон. История открытия всех известных сегодня элементарных частиц включает два этапа.

Первый этап приходится на 30—50-е гг. XX в. К началу 1930-х гг. были открыты протон и фотон, в 1932 г. — нейтрон, а спустя четыре года — первая античастица — позитрон, которая по массе равна электрону, но имеет положительный заряд. К концу этого периода стало известно о 32 элементарных частицах, причем каждая новая частица была связана с открытием принципиально нового круга физических явлений.

Второй этап приходится на 1960-е гг., кода общее число известных частиц превысило 200. На этом этапе основным средством открытия и исследования элементарных частиц стали ускорители заряженных частиц. В 1970-80-е гг. поток открытий новых элементарных частиц усилился, и ученые заговорили о семействах элементарных частиц. На данный момент науке известно более 350 элементарных частиц, различающихся массой, зарядом, спином, временем жизни и еще рядом физических характеристик.

Все элементарные частицы обладают некоторыми общими свойствами. Одно из них — свойство корпускулярно-волнового дуализма, т.е. наличие у всех микрообъектов как свойств волны, так и свойств вещества.

Другим общим свойством является наличие почти у всех частиц (кроме фотона и двух мезонов) своих античастиц. *Античастицы* — это элементарные частицы, схожие с частицами по всем признакам, но отличающиеся противоположными знаками электрического за-

ряда и магнитного момента. После открытия большого числа античастиц ученые заговорили о возможности существования антивещества и даже антимира. При соприкосновении вещества с антивеществом происходит процесс *аннигиляции* — превращение частиц и античастиц в фотоны и мезоны больших энергий (вещество превращается в излучение).

Еще одним важнейшим свойством элементарных частиц является их универсальная взаимопревращаемость. Этого свойства нет ни в макро-, ни в мегамире.

Классификация элементарных частиц. Элементарные частицы — основные «кирпичики», из которых состоит как материя, так и поле. При этом все элементарные частицы неоднородны: некоторые из них являются составными (протон, нейтрон), а другие — несоставными (электрон, нейтрино, фотон). Частицы, которые не являются составными, называют *фундаментальными.*

В целом элементарные частицы обладают довольно большим количеством характеристик. Некоторые из характеристик положены в основу классификации элементарных частиц.

Так, одной из важнейших характеристик частиц является их масса. Масса элементарной частицы — это масса ее покоя, которая определяется по отношению к массе покоя электрона, который, в свою очередь, считается самой легкой из всех частиц, имеющих массу. В зависимости от массы покоя все частицы можно подразделить на несколько групп:

- *частицы, не имеющие массы покоя.* К этой группе частиц относят фотоны, движущиеся со скоростью света;
- *лептоны* (от «лептос» — легкий) — легкие частицы (электрон и нейтрино);
- *мезоны* (от «мезос» — средний, промежуточный) — средние частицы с массой от одной до тысячи масс электрона;
- *барионы* (от «барос» — тяжелый) — тяжелые частицы с массой более тысячи масс электрона (протоны, нейтроны, гипероны, многие резонансы).

Второй важной характеристикой элементарных частиц является электрический заряд. Он всегда кратен фундаментальной единице заряда — заряду электрона (—1), который рассматривается в качестве единицы отсчета зарядов. Заряд частиц может быть отрицательным, положительным либо нулевым. Как предполагают ученые, существуют также частицы с дробным электрическим зарядом — кварки, экспериментальное наблюдение которых пока невозможно.

Третьей характеристикой элементарных частиц служит тип физического взаимодействия, в котором участвуют элементарные частицы. По данному показателю все многообразие элементарных частиц можно подразделить на три группы:

1) *адроны* (от «андрос» — крупный, сильный), участвующие в электромагнитном, сильном и слабом взаимодействии;

2) лептоны, участвующие только в электромагнитном и слабом взаимодействии;

3) *частицы — переносчики взаимодействий.* Частицы — переносчики взаимодействий непосредственно обеспечивают взаимодействие. К ним относятся фотоны — переносчики электромагнитного взаимодействия, глюоны — переносчики сильного взаимодействия, тяжелые векторные бозоны — переносчики слабого взаимодействия. Высказывается также предположение о существовании гравитонов — частиц, обеспечивающих гравитационное взаимодействие.

Четвертой основной характеристикой элементарных частиц выступает в р е м я их жизни, которое определяет их стабильность или нестабильность. По времени жизни частицы делятся на стабильные, квазистабильные и нестабильные. Большинство элементарных частиц нестабильно, время их жизни составляет 10^{-10}—10^{-24} с, т.е. несколько микросекунд. Стабильные частицы не распадаются длительное время. Они могут существовать от бесконечности до 10^{-10} с. Стабильными частицами считаются фотон, нейтрино, нейтрон, протон и электрон. Квазистабильные частицы распадаются в результате электромагнитного и слабого взаимодействий, иначе их называют *резонансами.* Время жизни резонансов составляет от 10^{-24} до 10^{-26} с.

Важнейшей характеристикой частиц является спин — собственный момент количества движения (импульса) частицы. В классической механике такая величина характеризует вращение тела, например волчка. Но буквальный перенос этого понятия на микрочастицы теряет смысл, поскольку элементарные частицы невозможно представить вращающимися крохотными шариками. В физике спин интерпретируется как внутренняя степень свободы частицы, обеспечивающая ей дополнительное физическое состояние. В отличие от классического момента количества движения, который может принимать любые значения, спин принимает только пять возможных значений. Он может равняться целому (0, 1, 2) или полуцелому (1/2, 3/2) числу. Свойства и поведение частиц существенно зависят от того, целое или полуцелое значение имеет их спин. Частицы с полуцелым спином называются фермионами, а с целым спином — бозонами.

Фермионы — это не что иное, как частицы вещества, которые хотя и обладают волновыми свойствами, но в классическом пределе воспринимаются как истинные частицы. К ним относятся такие известные частицы, как электроны, протоны, нейтроны, спин которых равен 1/2. Известна частица, спин которой равен 3/2, — омега-гиперон. Все эти частицы обладают свойством, имеющим характер

закона: частицы с полуцелым спином могут находиться вместе лишь при условии, что их физические состояния, т.е. совокупность характеризующих частицу параметров, неодинаковы. Данный закон в квантовой механике называется *запретом Паули.* Если бы этого запрета не существовало, то еще в первые мгновения существования нашей Вселенной образовавшиеся частицы вещества слиплись и превратились в более или менее однородное «желе», не позволив образоваться современной структурной Вселенной.

Бозоны — это кванты полей, которые хотя и обладают корпускулярными свойствами, однако в классическом пределе выступают как поля. На них запрет Паули не распространяется. Примером бозонов служит фотон, спин которого равен 1, и мезон, спин которого равен 0. Возможно, существуют частицы со спином 2 — гравитоны.

Все перечисленные элементарные частицы являются переносчиками физических взаимодействий.

Теория кварков. В середине 60-х гг. XX в. число открытых адронов превысило сотню. В связи с этим возникла гипотеза, согласно которой наблюдаемые частицы не отражают предельного уровня делимости материи. На основе этой гипотезы была создана теория кварков. Ее авторами стали физики Калифорнийского университета М. Гелл-Манн и Дж. Цвейг. Термин «кварк» они позаимствовали из романа Дж. Джойса «Поминки по Финнегану», герою которого снился сон, в котором летали чайки и кричали: «Три кварка для мистера Марка!». Само по себе слово «кварк» не имеет какого-либо смыслового значения и в переводе с немецкого языка оно означает «чепуха», но авторы теории понимали его как гипотетический материальный объект, существование которого еще не доказано наукой. Имея форму гипотезы, кварковая теория тем не менее позволила систематизировать известные частицы и предсказать существование новых.

Основные положения теории кварков заключаются в следующем. Аароны состоят из более мелких частиц — кварков, которые представляют собой истинно элементарные частицы и поэтому бесструктурны. Главная особенность кварков — их дробный электрический заряд. Кварки могут соединяться друг с другом двумя способами — парами и тройками. Соединение трех кварков приводит к образованию барионов, кварка и антикварка — к образованию мезонов, трех антикварков — к образованию антибарионов. Большинство образующихся частиц являются барионными и мезонными ре-зонансами. При таком соединении дробные заряды суммируются до нуля или единицы.

Кварки различаются ароматом и цветом. *Аромат* кварка не имеет никакого отношения к аромату, понимаемому буквально (т.е. как аромат цветов, духов и т.п.), это его особая физическая характеристика. Существует шесть видов кварков, различающихся ароматом:

u (up — верхний), d (down — нижний), s (strange — странный), c (charm — очарование), b (beauty — прелесть), t (top — верхний). Их обозначают первыми буквами своих названий.

Кроме того, считается, что каждый кварк имеет один их трех возможных цветов, которые самими учеными выбраны произвольно: красный, зеленый, синий. Также понятно, что цвет кварка не имеет никакого отношения к обычному оптическому цвету в макромире. Цвет кварка, как и аромат, — условное название для определенной физической характеристики этих частиц. Цвет кварка практически означает разновидность «заряда» сильного ядерного взаимодействия. «Заряд» сильного взаимодействия в физике именуется «цветом». Каждый кварк может быть носителем одного из трех основных «зарядов», или цветов, — синего, зеленого, красного. Иначе говоря, каждый кварк может иметь «заряд» красного цвета, или «заряд» синего цвета, или «заряд» зеленого цвета. Понятие цвета было введено, чтобы не отказываться от запрета Паули, так как в барионных и антибарионных частицах кварки одного аромата часто оказывались вместе. Например, протон является комбинацией кварков uud, а нейтрон — udd.

Каждому кварку соответствует антикварк с противоположным цветом (антикрасный, антизеленый и антисиний). Таким образом, 6 кварков и 6 антикварков, т.е. 12 фундаментальных частиц, призваны объяснить почти все многообразие частиц, кроме лептонов.

При объединении кварков и антикварков должны выполняться два условия:

1) суммарный электрический заряд кварков в адроне должен быть целочисленным, скомпенсированным до нуля или единицы;

2) кварки, соединяющиеся в адрон, должны полностью компен сировать свои цветовые заряды и удовлетворять признаку бесцвет ности (конфайнмент). Их цвета («заряды») соединяются так же, как в оптике, где сложение красного, синего и зеленого дает белый (бесцветный) цвет. Белый цвет дает сумма красного, зеленого, си него или красного — антикрасного, синего — антисинего и т.п.

Кварки объединяются между собой благодаря сильному взаимодействию. Переносчиками сильного взаимодействия выступают глюоны, которые как бы «склеивают» кварки между собой. Предполагается, что кварки участвуют также в электромагнитных и слабых взаимодействиях. В электромагнитном взаимодействии кварки не меняют своего цвета и аромата. В слабых взаимодействиях кварки меняют аромат, но сохраняют цвет.

Долгое время ученые пытались обнаружить кварки в многочисленных экспериментах, доводя точность измерений в них до очень высоких значений, но сделать этого не удалось. Ученым пришлось признать, что законы нашего мира запрещают существование отдельных частиц с дробным электрическим зарядом. Однако в 1969 г.

в Стэнфордском университете США были проведены опыты, доказавшие существование кварков. В ходе экспериментов при бомбардировке электронами протонов бьио обнаружено, что электроны как бы налетали на твердые крохотные вкрапления и отскакивали от них под самыми невероятными углами. Ученые предположили, что эти твердые вкрапления и были кварками. В настоящее время теория кварков продолжает развиваться и уточняться, поэтому ее нельзя считать окончательно сформированной.

5.2. Движение и физическое взаимодействие

Связь, взаимодействие и движение представляет собой важнейшие атрибуты материи, без которых невозможно ее существование. Долгое время в научной картине мира ведущая роль отводилась движению. Оно считалось важнейшей характеристикой материи. В широком смысле движение трактовалось как любое изменение, происходящее в природе. Но в физике движение понималось как механическое перемещение, изменение положения тела в пространстве с течением времени относительно выбранной точки отсчета. При этом признавалось, что в мире существуют и другие формы движения: биологическая, социальная, химическая, геологическая и др.

Несмотря на качественное разнообразие, у всех форм движения есть одна общая черта. Все они сводятся к взаимодействию тел, которое обусловливает соединение различных материальных элементов в системы, их структурные связи и контакты с другими материальными системами. Взаимодействие — универсальная форма движения и развития, оно определяет существование и структурную организацию любой материальной системы. Таким образом, получается, что все свойства тел производны от взаимодействий. Для всякого объекта существовать — значит взаимодействовать, т.е. каким-либо образом проявлять себя по отношению к другим телам, находиться с ними в объективных отношениях.

Взаимодействие представляет собой развертывающийся во времени и пространстве процесс воздействия одних объектов на другие путем обмена материей и движением. Взаимодействие всегда выступает как движение материи, а любое движение включает в себя различные виды взаимодействия. По существу, эти понятия совпадают, хотя часто употребляются в разных контекстах. Когда мы говорим о движении, то имеем в виду не столько внутренние изменения, основанные на структурных взаимодействиях элементов системы, сколько внешнее пространственное перемещение тел, где взаимодействия как будто не видно. Но если взглянуть глубже, то и при пространственном перемещении тел обязательно есть их взаимодействие с окружающей средой и материальными полями, в ре-

зультате чего изменяются свойства тел. Не существует такого движения, в содержании которого не было бы взаимодействия элементов материи. В то же время всякое взаимодействие выступает как определенное изменение и движение.

Общая характеристика физического взаимодействия

Описание процесса взаимодействия, раскрытие его механизма и форм проявления составляют одну из центральных задач всей физики. В контексте этой задачи в науке сформировались два различных способа описания механизма физического взаимодействия, основывающиеся на принципах дальнодействия и близкодействия.

Исторически первым был сформулирован *принцип дальнодействия.* Как было отмечено ранее, его автором стал И. Ньютон, который с помощью данного принципа пытался объяснить механизм действия гравитационных сил. Согласно принципу дальнодействия взаимодействие между телами происходит мгновенно на любом расстоянии, без каких-либо материальных носителей и посредников (агентов взаимодействия).

В XIX в. был сформулирован *принцип близкодействия,* который в настоящее время существует в двух вариантах. Первый вариант был предложен М. Фарадеем, который считал, что взаимодействие между телами переносится полем от точки к точке с конечной скоростью. В XX в. принцип близкодействия был уточнен, в его современном варианте утверждается, что каждое фундаментальное физическое взаимодействие переносится соответствующим полем от точки к точке со скоростью, не превышающей скорость света в вакууме.

Обычно при физическом взаимодействии между двумя телами происходит частичный обмен импульсом и энергией. Если рассмотреть этот процесс более детально, то мы увидим, что в один момент времени первый объект потерял доли импульса и энергии, а второй объект в следующий момент времени их приобрел. В промежутке между первым и вторым моментами времени импульс и энергия должны принадлежать какому-то третьему материальному объекту — посреднику, который должен переместиться от первого объекта ко второму, затратив на это какое-то время.

На небольших расстояниях этим дополнительным временем можно пренебречь. Так, когда мы нажимаем кнопку выключателя, свет для нас загорается практически мгновенно. Однако чтобы свет дошел от Солнца до Земли, требуется уже около 8 минут, т.е. время для переноса взаимодействия становится заметным.

Таким образом, с точки зрения современной науки физическое взаимодействие всегда подчиняется принципу близкодействия, т.е.

идет с некоторым запаздыванием. Но во многих задачах, описывающих механические процессы с медленно движущимися объектами, этим запаздыванием можно пренебречь и приближенно считать его нулевым. Следовательно, многие процессы можно описывать, используя приближенный принцип дальнодействия.

В XX в. физика смогла еще глубже проникнуть в тайны физического взаимодействия, понять его механизм на уровне процессов, происходящих в микромире. Также удалось свести многочисленные виды взаимодействий, известные в физике, к небольшому числу фундаментальных физических взаимодействий. Любые формы движения, изучаемые физикой, есть проявление глубинных свойств материи — так называемых фундаментальных физических взаимодействий. Это силы гравитационного, электромагнитного, сильного и слабого взаимодействий.

В основе каждого фундаментального физического взаимодействия лежит изначально присущее веществу особое свойство, природу которого удастся выяснить лишь в ходе дальнейших исследований природы вещества и вакуума. В качестве носителя способности частиц к взаимодействию, а также количественной мерой самого взаимодействия служит понятие заряда. Каждая частица изначально обладает одним или несколькими зарядами, причем между собой взаимодействуют только однотипные заряды, а заряды разных типов друг друга «не замечают». Наименьшее дискретное значение заряда — *квант* — называют единичным зарядом. Сила взаимодействия во всех случаях пропорциональна произведению зарядов двух взаимодействующих частиц, более сложно она зависит от расстояния между частицами.

Согласно современным представлениям любое взаимодействие происходит в соответствии с принципом близкодействия. Поэтому взаимодействие любого вида должно иметь своего физического агента, без посредника оно не протекает. В основе такого требования лежит тот факт, что скорость передачи воздействия ограничена фундаментальным пределом — скоростью света. Воздействие передается через среду, разделяющую взаимодействующие частицы. Такой средой является вакуум, который в обыденном представлении ассоциируется с пустотой. На самом деле вакуум — это реальная физическая система, поле с минимальной энергией. Из него можно получить все другие состояния поля.

Для создания модели физического взаимодействия нужно вспомнить, что материя может быть разделена на поле и вещество, которые соответственно представлены частицами-бозонами и частицами-фермионами. В процессе физического взаимодействия всегда участвуют только частицы-фермионы (частицы вещества), а переносят взаимодействие частицы-бозоны (кванты полей).

Таким образом, теория физического взаимодействия использует следующую модель процесса:

- заряд-фермион создает вокруг частицы поле, порождающее присущие ему частицы-бозоны. Заряд частицы возмущает вакуум, и это возмущение с затуханием передается на определенное расстояние;
- частицы поля являются виртуальными — существуют очень короткое время и в эксперименте не могут быть обнаружены;
- оказавшись в радиусе действия однотипных зарядов, две реальные частицы начинают стабильно обмениваться виртуальными бозонами: одна частица испускает бозон и тут же поглощает идентичный бозон, испущенный частицей-партнером, и наоборот;
- обмен бозонами создает эффект притяжения или отталкивания частиц-хозяев.

Таким образом, каждой частице, участвующей в одном из фундаментальных взаимодействий, соответствует своя бозонная частица — переносчик взаимодействия.

Типы взаимодействий

Рассмотрим подробнее существующие физические взаимодействия. Для каждого взаимодействия можно назвать сферу его применения и значение для строения Вселенной, заряд — носитель взаимодействия и частицу — переносчик взаимодействия, результаты взаимодействия, место среди других взаимодействий, а также особенности, отличающие от других фундаментальных взаимодействий.

Гравитационное взаимодействие первым из всех известных сегодня фундаментальных взаимодействий стало предметом исследования ученых. В классической науке оно описывается законом всемирного тяготения, согласно которому между двумя телами существует сила притяжения, которая прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Отсюда следует, что любая материальная частица является источником гравитационного взаимодействия и испытывает его на себе. По мере увеличения массы вещества гравитационные взаимодействия возрастают, т.е. чем больше масса взаимодействующих веществ, тем сильнее действуют гравитационные силы.

Гравитационное взаимодействие является наиболее слабым из всех известных современной науке взаимодействий, оно в 10^{40} раз слабее силы взаимодействия электрических зарядов. Чтобы эта величина стала понятнее, можно провести следующую аналогию: если бы размеры атома водорода определялись гравитацией, а не электромагнитными силами, то радиус электрона в нем превосходил бы радиус доступной наблюдению части Вселенной.

,

Гравитация, будучи очень слабой силой, тем не менее определяет строение всей Вселенной: образование всех космических систем, существование планет, звезд и галактик, концентрацию рассеянной в ходе эволюции звезд и галактик материи и включение ее в новые циклы развития. Такая огромная роль гравитационного взаимодействия определяется его универсальностью. Ничто во Вселенной не может избежать этой силы. Все тела и частицы, не только имеющие массу, а также поля, участвуют в гравитационном взаимодействии. Это было выяснено еще Ньютоном в открытом им законе всемирного тяготения, который описывает гравитационное взаимодействие. Поэтому в микромире гравитационная сила слаба, она теряется на фоне куда более могучих сил. Зато в макромире она господствует. Правда, как считают ученые, при некоторых условиях гравитация может сравняться по своей значимости с другими силами, господствующими в микромире. Для этого требуется, чтобы вещество находилось в состоянии экстремально высокой плотности, равной 10^{94} г/см^3 (планковская плотность).

Гравитационная сила действует на очень больших расстояниях, ее интенсивность с увеличением расстояния убывает, *но* не исчезает полностью.

С точки зрения современной науки гравитационное взаимодействие должно происходить по предложенной нами модели. Гравитационный заряд равен инертной массе вещества. Он создает вокруг себя гравитационное поле (поле тяготения). Это поле должно иметь свою бозонную частицу. Ее назвали *гравитоном.* Силы тяготения являются результатом постоянного обмена между гравитонами, или гравитационными волнами. Они переносят энергию, обладают пространственно-временными свойствами, импульсом и другими характеристиками, присущими материальным объектам. Поскольку экспериментально эта частица еще не обнаружена, она считается гипотетической. Тем не менее, косвенно ее существование удалось подтвердить.

Согласно современным представлениям движение тела, обладающего массой, под действием силы вызывает возмущение своего же гравитационного поля, распространяющегося со скоростью света в форме гравитационной волны. Поскольку гравитационная сила очень мала, то ее волна имеет малую амплитуду. Даже такие грандиозные космические события, как взрыв сверхновой или коллапс массивной звезды, создают гравитационные волны, лежащие за пределами чувствительности современных регистрирующих приборов. Именно поэтому гравитоны до сих пор не обнаружены.

Для гравитации не существует противоположной эквивалентной силы отталкивания (антигравитации). Даже в антимире, если он существует, все античастицы обладают положительными значения-

ми массы и энергии. Поэтому гравитация всегда проявляется только как притяжение.

Электромагнитное взаимодействие обладает универсальным характером и осуществляется между любыми телами в микро-, макро-и мегамире. Благодаря электромагнитным связям возникают атомы, молекулы и макроскопические тела. Все химические реакции представляют собой проявление электромагнитных взаимодействий, являются результатами перераспределения связей между атомами в молекулах, перестройки электронных оболочек атомов и молекул, а также количества и состава атомов в молекулах разных веществ. К электромагнитному взаимодействию сводятся все обычные силы: силы упругости, трения, поверхностного натяжения; им определяются агрегатные состояния вещества, оптические явления и др.

По своей величине электромагнитные силы намного превосходят гравитационные, занимая второе место на шкале взаимодействий. Поэтому эти силы легко наблюдать даже между телами обычных размеров. Но, как и гравитационные силы, электромагнитные взаимодействия являются дальнодействующими, их действие ощутимо на больших расстояниях от источника. Как и гравитация, электромагнитное взаимодействие подчиняется закону обратных квадратов, уменьшается с расстоянием, но не исчезает.

В отличие от гравитационной силы, электромагнитные взаимодействия существуют только между заряженными частицами: электрическое поле — между двумя покоящимися заряженными частицами, магнитное — между двумя движущимися заряженными частицами.

В современной физической картине мира основой теории электромагнитного взаимодействия является теория электромагнитного поля Дж. Максвелла. Однако современная физика создала более совершенную и точную теорию электромагнетизма, в которой учтены квантово-полевые аспекты явления. Эта теория названа *квантовой электродинамикой.* Электрический заряд создает поле, переносчиками этого типа взаимодействия являются фотоны. В случае разноименных зарядов обмен создает эффект притяжения, а в случае одноименных — отталкивания. В этом состоит еще одно отличие электромагнитного взаимодействия от гравитационного, которое проявляется только как притяжение.

Слабое взаимодействие — третий тип фундаментального взаимодействия, которое действует только в микромире. Физической основой этого типа взаимодействия служит процесс распада частиц, поэтому его открытие произошло вслед за открытием радиоактивности. Слабое взаимодействие ответственно за превращение элементарных частиц друг в друга и играет очень важную роль не только в микромире, но и во многих явлениях космического мас-

штаба. Благодаря слабому взаимодействию происходят термоядерные реакции, без которых погасло бы Солнце и большинство звезд.

Слабое взаимодействие значительно слабее электромагнитного, но больше гравитационного, и в отличие от них распространяется на небольших расстояниях. Именно поэтому долгое время слабое взаимодействие экспериментально не наблюдалось.

Первая теория слабого взаимодействия была создана в 1934 г. Э. Ферми и развита в 1950-е гг. М. Гелл-Манном, Р. Фейнманом и другими учеными. В ней утверждалось, что взаимодействие между частицами происходит контактно, посредством так называемых слабых токов, а не через обмен квантами поля. Благодаря этим токам нейтроны могли превращаться в протоны, кварки одного вида — в кварки другого вида.

Однако к концу 50-х гг. XX в. новые физические исследования показали, что данная теория несовершенна, поскольку она работает только при малых энергиях частиц, участвующих во взаимодействии. Поэтому в 1960-е гг. независимо друг от друга С. Вайнберг и А. Салам решили, что трудности теории удастся преодолеть, если допустить, что слабое и электромагнитное взаимодействия — это разные проявления одного взаимодействия наподобие того, как электричество и магнетизм — два проявления единой сущности. Так появилась единая теория электрослабого взаимодействия, в рамках которой удалось построить модель слабого взаимодействия.

Модель слабого взаимодействия рассматривает два типа фундаментальных взаимодействий как проявление единого, более глубокого электрослабого взаимодействия. Так, на расстоянии более 10^{-17} см преобладает электромагнитный тип, а на меньших расстояниях в одинаковой степени важны и элетромагнитный, и слабый типы.

Теория электрослабого взаимодействия исходит из существования единого фундаментального заряда, отвечающего одновременно и за слабое, и за электромагнитное взаимодействия. При очень высоких температурах (энергиях), сравнимых с теми, которые имели место в первые мгновения существования Вселенной после Большого взрыва, структура вакуума нарушается, и она не может помешать проявлению такого заряда. Тогда слабое и электромагнитное взаимодействия сливаются воедино. При понижении температуры наступает критический момент, после которого вакуум переходит в иную, более упорядоченную форму. В результате заряд распадается на две части — электромагнитный и слабый заряд, а переносчик электрослабого взаимодействия — на четыре составляющих (фотон — переносчик электромагнитного взаимодействия и три тяжелых векторных бозона — переносчики слабого взаимодействия).

Объединение электромагнитного и слабого взаимодействий стало важным научным открытием, поскольку позволило успешно описать все процессы, происходящие при энергиях от долей элек-

тронвольта до сотен гигаэлектронвольт. Кроме того, эта теория позволила также объяснить превращение элементарных частиц друг в друга и понять сущность и механизм протекания термоядерных реакций, происходящих на Солнце и большинстве звезд.

Сильное взаимодействие, занимающее первое место по силе и являющееся источником огромной энергии, также было открыто только в XX в. Основная функция сильного взаимодействия — соединять кварки и антикварки в адроны. С его помощью ученые объяснили, почему протоны ядра атома не разлетаются под действием электромагнитных сил отталкивания.

Исходным положением теории является постулат о существовании трех типов цветовых зарядов (красного, синего, зеленого). Они присущи кваркам и выражают способность вещества к сильному взаимодействию. Цвет кварков подобен электрическому заряду. Как и электрические заряды, одноименные цвета отталкиваются, разноименные — притягиваются. Когда три кварка или кварк и антикварк объединяются в адрон, суммарная комбинация цветовых зарядов в нем такова, что адрон в целом обладает цветовой нейтральностью.

Цветовые заряды создают поля с присущими им квантами — бозонами. Переносчики сильного взаимодействия названы *глюонами* (от англ. glue — клей). Они, подобно фотонам, имеют спин, равный единице, и массу, равную нулю. Но электромагнитное взаимодействие является дальнодействующим, а сильное взаимодействие имеет очень ограниченный радиус действия — до 10^{-13} см (порядка атомного ядра).

Электрический заряд есть только один, хотя он и может принимать положительные и отрицательные значения. Поэтому фотоны — переносчики электромагнитного взаимодействия — электрически нейтральны, они не переносят заряда. Когда кварки взаимодействуют друг с другом, они излучают глюоны и переходят в другое цветовое состояние. Поэтому глюоны тоже имеют цветовой заряд. Всего существует восемь глюонов — переносчиков сильного взаимодействия.

Как мы видели ранее, все фундаментальные взаимодействия зависят от расстояния между зарядами — с уменьшением расстояния между ними сила взаимодействия возрастает (обратно пропорциональная зависимость). Сильное взаимодействие тоже зависит от расстояния между цветовыми зарядами, но прямо пропорционально. Из-за особых свойств глюонного поля цветовое взаимодействие между кварками тем меньше, чем они ближе расположены друг к другу. На малых расстояниях кварки перестают влиять друг на друга и ведут себя как свободные частицы. Но как только расстояние между кварками начинает увеличиваться, сила взаимодействия возрастает. Для разделения двух частиц с цветовыми зарядами понадобилась бы бесконечно большая энергия. Лишь в первые моменты *по-*

сле Большого взрыва в силу существовавших огромных температур было возможно свободное существование кварков.

Ядерное взаимодействие. До открытия кварков и цветового взаимодействия фундаментальным считалось ядерное взаимодействие, объединяющее протоны и нейтроны в ядрах атомов. Однако с открытием кваркового уровня вещества под сильным взаимодействием стали понимать цветовые взаимодействия между кварками, объединяющимися в адроны. Ядерные силы перестали считаться фундаментальными, они должны как-то выражаться через цветные силы. Теория предполагает, что при сближении барионов (протонов и нейтронов) на расстояние меньшее, чем 10^{-13} см, они теряют свои индивидуальные особенности, глюонный обмен между кварками, удерживающий их в адронах, принимает коллективный характер. Таким образом, кварки всех барионов связываются в единую систему — атомное ядро.

Ядерные силы — это только отголоски цветовых сил, слабое подобие настоящего сильного взаимодействия. Не случайно для того, чтобы расколоть атомное ядро, нужна совсем небольшая энергия. Расколоть же протон или нейтрон невозможно.

Теории Великого объединения и Суперобъединения

Существование отмеченных типов физического взаимодействия логично ставит перед физиками задачу поиска единой теории взаимодействия, которая позволила бы выявить универсальность всех фундаментальных сил, объяснить все четыре типа взаимодействий и объединить их в одной теории. Создание подобной теории означало бы также построение единой теории элементарных частиц. Поэтому физики-теоретики с 70-х гг. XX в. пытаются создать теорию Великого объединения фундаментальных взаимодействий, в которой электромагнитное, слабое и сильное взаимодействия будут рассматриваться как различные проявления единого поля. Основанием для возможности создания такой теории служит то обстоятельство, что на малых расстояниях (менее 10^{-29} см) и при большой энергии (более 10^{14} ГэВ) электромагнитное, сильное и слабое взаимодействия описываются одинаковым образом, а кварки и лептоны становятся практически неразличимы. Косвенно это свидетельствует об общности природы указанных типов фундаментальных взаимодействий.

Считается, что проявление этих полей возможно при сверхвысоких энергиях, существовавших на ранних этапах эволюции Вселенной. По мере понижения энергии Великое объединение сначала распадается на сильное и электрослабое взаимодействия. При дальнейшем уменьшении энергии электрослабое взаимодействие разделяется на электромагнитное и слабое.

Физики пытаются построить еще более грандиозную теорию Суперобъединения. Она должна объединить все четыре фундаментальных взаимодействия, включая гравитационные силы. Данная теория строится на базе суперсимметрии и теории суперструн.

В основе нашего мира лежит симметрия. Поэтому квантовая физика предполагает, что должна существовать полная симметрия в описании вещества и поля, фермионов и бозонов. Иначе говоря, между этими частицами должно существовать полное физическое равноправие, они могут переходить друг в друга. Возможность такого перехода была открыта в 1970-е гг. и получила название *суперсимметрии.*

Благодаря идее суперсимметрии новую жизнь получила теория струн (сегодня ее называют *теорией суперструн),* создателями которой стали английский физик М. Грин и американский физик Д. Шварц. Они попытались отказаться от уже привычного описания элементарных частиц как точечных объектов. Эта теория описывает некие протяженные объекты — струны. Хотя струны являются протяженными объектами, они одномерны и представляют собой отрезки либо со свободными концами, либо соединенными в виде восьмерки. Их размеры — примерно 10^{-33} см (планковская длина).

В данной теории понятие струны становится синонимом понятия микрочастицы или локализованного в пространстве объекта. Все частицы, которые мы знаем и, быть может, откроем в будущем, представляют собой определенное возбужденное состояние струны. Эти возбужденные состояния струн можно сравнить с набором гармоний, вызываемых колебанием скрипичной струны. Более высокие гармонии струны будут наблюдаться как новые частицы с массой больше массы предыдущих частиц. Полагают, что высшие гармонии струн рождались только на ранних стадиях эволюции Вселенной, когда энергии было в избытке. В обычных условиях существуют лишь состояния струн с наинизшей энергией. Введение понятия струны полностью исключает точечные представления из структуры микромира, и, по сути, эта теория сводит физику к геометрии очень сложных пространств.

В теории суперструн помимо очень сложных и громоздких вычислений есть еще некоторые сложности. В частности, теория предполагает, что на тех малых расстояниях, на которых существуют струны, должны проявляться дополнительные пространственные измерения. Есть варианты теорий для 11-мерного, 26-мерного и т.д. пространств. Эти лишние измерения, возможно, компактифицированы, т.е. свернуты в точки, замкнуты на себя и не распространяются в область макромира.

Теория суперструн ведет к некоторым нетривиальным следствиям. Так, согласно расчетам, среди порожденных струнами элементарных частиц должны быть гипотетические частицы — тахионы,

которые имеют мнимую массу и движутся со скоростью, большей скорости света.

Подтверждение или опровержение теории суперструн, возможность или невозможность создания теории Суперобъединения — дело будущего. Над решением этих задач работают физики-теоретики, проверить экспериментально положения теории до сих пор не удалось.

В последние годы некоторые ученые начали обсуждать возможность существования еще одного типа взаимодействий — *спинторсионного,* фиксирующего и передающего информацию посредством торсионного поля (поля кручения). Существуют предположения, что эти поля обладают способностью передавать информацию практически без затрат энергии. Также считается, что именно торсионные поля обеспечивают все известные сегодня парапсихиче-ские феномены и биоинформационное (энергоинформационное) воздействие. Если существование таких полей подтвердится, то это вновь приведет к пересмотру существующей физической картины мира.

5.3. Концепции пространства и времени в современном естествознании

В процессе создания естественно-научной картины мира возникает вопрос о происхождении и изменении различных материальных предметов и явлений, об их количественных и качественных характеристиках. Физические, химические и другие величины непосредственно или опосредованно связаны с изменением длин и длительностей, т.е. пространственно-временных характеристик объектов. Поэтому для их описания в естествознании сформировались понятия пространства и времени.

Развитие представлений о пространстве и времени

Естественно-научные представления о пространстве и времени прошли длинный путь становления и развития. Уже в античности мыслители задумывались над природой и сущностью пространства и времени, однако их рассуждения носили стихийный и нередко противоречивый характер. Реальный эмпирический базис и строгое теоретическое описание представления о пространстве и времени обрели в ходе первой глобальной научной революции и классической науке Нового времени. Это было связано с развитием механики, которая описывала движение материальных тел, происходящее одновременно в пространстве и времени.

Вершиной классического естествознания стало творчество И. Ньютона. Именно Ньютон в своей знаменитой книге «Математические

начала натуральной философии» ввел господствовавшие в науке до начала XX в. понятия пространства и времени, известные как абсолютное пространство и абсолютное время. Раскрывая сущность пространства и времени, Ньютон предложил различать два типа этих понятий: абсолютные (истинные, математические) и относительные (кажущиеся, обыденные) пространство и время.

Абсолютное пространство предстает как универсальное вместилище себя и всего существующего в мире. Оно безотносительно к чему бы то ни было внешнему, всегда остается одинаковым и неподвижным. Его можно попытаться представить в виде гигантского «черного ящика», в который можно поместить или убрать из него любые материальные тела.

Относительное пространство есть мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению ее относительно некоторых тел и в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное.

Абсолютное время предстает как универсальная длительность любых процессов во Вселенной. Оно само по себе, без всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно. Абсолютное время можно представить в образе гигантской реки, которая будет течь, даже если не будет никаких материальных тел.

Относительное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами внешняя мера продолжительности. Она употребляется в обыденной жизни вместо истинного математического времени. Это — минута, час, день, месяц, год.

С точки зрения этой концепции абсолютные пространство, время и материя представляют три независимые друг от друга сущности.

Некоторые философы и ученые, не соглашаясь с Ньютоном, выступили с критикой его взглядов. Среди них был давний научный соперник Ньютона Г. Лейбниц. Он предложил реляционную концепцию пространства и времени, отказывающую им в самостоятельном, независимом от материи существовании. Лейбниц рассматривал пространство как порядок сосуществования тел, а время — как порядок отношения и последовательность событий. Иными словами, он говорил о неразрывной связи материи с пространством и временем.

Однако взгляды Лейбница не смогли переубедить ученых, уверенных в правоте Ньютона. Сформулированные им законы движения и закон всемирного тяготения, ставшие основой классической механики, основывались на понятиях абсолютного пространства и времени. Поэтому на некоторые недостатки идей Ньютона предпочли не обращать внимания. Лишь в середине XIX в., когда Максвеллом была создана теория электромагнитного поля, ученым пришлось признать возможность ошибки, задуматься о замене абсо-

лютного пространства и времени относительными. Тем не менее утверждение новых взглядов на пространство и время произошло только в начале XX в. после создания А. Эйнштейном теории относительности. Пространство и время стали пониматься как атрибуты материи, свойства материальных тел, существующие только вместе друг с другом и с движущейся материей.

Теория относительности

Теория относительности стала результатом обобщения и синтеза классической механики Ньютона и электродинамики Максвелла, между которыми с середины XIX в. возникли серьезные противоречия. Так, в механике господствовал классический принцип относительности Галилея, утверждавший равноправность всех инерциаль-ных систем отсчета, а в электродинамике — концепция эфира, или ненаблюдаемой среды, заполняющей мировое пространство и являющейся абсолютной системой координат. Иными словами, в электродинамике выделялась одна система координат, имевшая предпочтение перед всеми другими системами.

Ряд ученых попытались решить данное противоречие. Среди них был нидерландский физик X. Лоренц, который вывел математические уравнения, называемые сегодня преобразованиями Лоренца, для вычисления реальных сокращений движущихся тел и промежутков времени между событиями, происходящими на этих телах, в зависимости от скорости движения.

А в 1905 г. в журнале «Анналы физики» появилась статья неизвестного тогда еще А. Эйнштейна «К электродинамике движущихся тел». В ней и были сформулированы основы специальной теории относительности.

Специальная теория относительности. Около десяти лет размышлял Эйнштейн над проблемой влияния скорости движения тел на электромагнитные явления. В результате он пришел к выводу о невозможности существования ньютоновского абсолютного пространства и времени, так как это противоречит принципу относительности Галилея. Таким образом, Эйнштейн смог увидеть, что за рассуждениями Галилея скрывается принципиально иное представление о пространстве и времени. Сам Эйнштейн считал, что принцип относительности является квинтэссенцией классической механики, и поэтому должен быть сохранен. От концепции абсолютного пространства и времени, как не имеющих реального физического содержания, следовало отказаться.

Специальная теория относительности (СТО) базируется на двух постулатах. Первый постулат СТО — *расширенный принцип относительности.* Он уравнивал между собой не только инерциальные

системы, движущиеся равномерно и прямолинейно друг относительно друга, но и распространил действие принципа на законы электродинамики.

Классический принцип относительности Галилея очень прост. Он всего лишь заявляет, что между покоем и движением, если оно прямолинейно и равномерно, нет никакой принципиальной разницы. Разница лишь в точке зрения. Для путешественника, плывущего на корабле, книга, лежащая у него в каюте на столе, покоится, но для человека на берегу эта книга плывет вместе с кораблем. В данном примере бессмысленно спрашивать, движется или покоится книга. Такой спор был бы пустой тратой времени. Наблюдателям нужно лишь согласовать свои позиции и признать, что книга покоится относительно корабля и движется относительно берега вместе с кораблем.

Таким образом, слово «относительность» в названии принципа Галилея не скрывает в себе ничего особенного. Оно не имеет никакого иного смысла, кроме того, который мы вкладываем в утверждение о том, что движение или покой — всегда движение или покой относительно чего-то, что служит нам системой отсчета. Это, конечно, не означает, что между покоем и равномерным движением нет никакой разницы. Но понятия покоя и движения приобретают смысл лишь тогда, когда указана точка отсчета.

Эйнштейн развил классический принцип относительности и пришел к выводу, что этот принцип является всеобщим и действует не только в механике, но и в электродинамике.

Второй постулат СТО Эйнштейн позаимствовал из электродинамики — это принцип *постоянства скорости света,* которая в вакууме примерно равна 300 000 км/с. Второй постулат говорит о постоянстве скорости света во всех инерциальных системах отсчета. Он связан с принципом относительности, в соответствии с которым если и существует максимальная скорость, то она должна быть одинаковой во всех инерциальных системах отсчета.

Но почему так важна эта скорость, что суждение о ней приравнивается к принципу относительности? Дело в том, что скорость света — самая большая из всех скоростей в природе, предельная скорость физических взаимодействий, одна из немногих фундаментальных физических констант нашего мира.

Движение света принципиально отличается от движения всех других тел, скорость которых меньше скорости света. Скорости этих тел всегда складываются с другими скоростями. В этом смысле скорости относительны, их величина зависит от точки зрения (как в приведенном выше примере). Скорость света не складывается с другими скоростями, она абсолютна, всегда одна и та же, и, говоря о ней, нам не нужно указывать систему отсчета.

Скорость света — это верхний предел для скорости перемещения любых тел в природе, для скорости распространения любых волн и сигналов. Она максимальна — это абсолютный рекорд скорости. Она является предельной скоростью любых физических взаимодействий, да и вообще всех мыслимых взаимодействий в мире. Если бы это было не так, нарушился бы фундаментальный закон причинности, утверждающий, что причина всегда предшествует следствию. Тогда разрушилась бы логическая связь событий во Вселенной, в мире воцарился абсолютный хаос и случайность.

Разумеется, все сказанное нами о скорости света, противоречит тому, что мы видим в окружающем нас мире. Более того, одновременное действие этих двух постулатов кажется невозможным. Чтобы решить данный парадокс, Эйнштейн обращается к анализу проблемы одновременности, которая и составляет суть теории относительности.

Классическая физика решала эту проблему очень просто в рамках концепции абсолютного времени, в соответствии с которой любые события во всех точках Вселенной совершались в рамках одной системы отсчета (абсолютного времени). Поэтому одновременность событий считалась реально существующим фактом.

Чтобы доказать существование одновременности, нужно иметь в двух точках пространства, в которых находятся интересующие нас объекты, одинаково устроенные, синхронно идущие часы. Синхронизировать эти часы можно, воспользовавшись световыми сигналами, которые будут направляться из одной точки в другую, а потом возвращаться обратно. Если часы при этом будут показывать одинаковое время, значит, события в данных точках протекают одновременно. Если бы свет распространялся мгновенно, проблемы бы не существовало. Но так как свет обладает конечной скоростью, то наши сигналы в разных точках покажут разные результаты. Таким образом, события, одновременные для одного наблюдателя, окажутся неодновременными для другого. Следовательно, понятие одновременности всегда относительно.

Из нового понимания одновременности вытекают важнейшие выводы специальной теории относительности, которые известны под названием *релятивистских эффектов.* Относительными становятся не только скорости и траектории тел, как в классической механике, но и пространственно-временные характеристики тел, традиционно считавшиеся неизменными, — линейные размеры, масса и время протекания процессов. Оказывается, эти свойства зависят от скорости движения тел. Правда, изменения линейных размеров, массы и времени протекания процессов становятся заметными, если измерять их из другой системы, движущейся относительно первой системы с иной скоростью. При этом скорость движения наблюдаемой системы должна быть очень большой, сравнимой со скоро-

стью света. Таким образом, релятивистские эффекты — это изменения пространственно-временных характеристик тел, заметные на больших скоростях, сравнимых со скоростью света. Их три:

1) *сокращение линейных размеров тела в направлении его движения.* Чем ближе скорость космического корабля, пролетающего мимо неподвижного наблюдателя, к скорости света, тем меньше будут его размеры для наблюдателя. Если бы корабль смог двигаться со скоростью света, то его наблюдаемая длина оказалась бы равной нулю, что невозможно;

2) *увеличение массы быстродвижущихся тел.* Масса движущегося тела с точки зрения неподвижного наблюдателя оказывается больше массы покоя того же тела. Чем ближе скорость тела к скорости света, тем больше возрастает его масса. Если бы тело смогло двигаться со скоростью света, то его масса возросла бы до бесконечности, что невозможно. Поэтому никакое тело с массой, отличной от нуля, нельзя разогнать до скорости света, так как это потребовало бы бесконечной энергии. В связи с этим появилась самая известная формула теории относительности, связывающая массу и энергию. Эйнштейну удалось доказать, что масса тела есть мера содержащейся в нем энергии: $E = mc^2$;

3) *замедление времени в быстродвижущихся телах.* Так, в быстро летящем космическом корабле время течет медленнее, чем для неподвижного наблюдателя. Эффект замедления времени на космическом корабле сказался бы не только на часах, но на всех процессах, протекающих в этом корабле, в том числе и на биологических ритмах его экипажа. Чтобы проиллюстрировать эту ситуацию был предложен так называемый парадокс близнецов. Если бы из двух близнецов один остался на Земле, а другой улетел к звездам, то космонавт с точки зрения земного наблюдателя старился бы медленнее, чем его брат-близнец. Поэтому после возвращения домой космонавт обнаружил бы, что брат значительно старше его. Интересно, что чем дальше совершается полет и чем ближе скорость корабля к скорости света, тем большей будет разница в возрасте между близнецами. Она может измеряться даже сотнями и тысячами лет, в результате чего экипаж корабля сразу перенесется в близкое или более отдаленное будущее, минуя промежуточное время, поскольку ракета вместе с экипажем выпала из хода развития на Земле.

Таким образом, специальная теория относительности утверждает, что пространство и время нельзя рассматривать изолированно друг от друга. На основании этих выводов в 1907 г. немецкий математик Г. Минковский высказал предположение, что три пространственных и одна временная размерность любых материальных тел тесно связаны между собой. Все события во Вселенной происходят в едином четырехмерном пространстве-времени.

Обшая теория относительности. В рамках общей теории относительности, которая создавалась в течение десяти лет, с 1906 по 1916 г., А. Эйнштейн обратился к проблеме тяготения, давно привлекавшей к себе внимание ученых. Поэтому общую теорию относительности часто называют *теорией тяготения.* В ней были раскрыты новые стороны зависимости пространственно-временных отношений от материальных процессов. Общая теория относительности основывается уже не на двух, а на трех постулатах.

Первый постулат общей теории относительности — *расширенный принцип относительности,* который утверждает инвариантность законов природы в любых системах отсчета, как инерциальных, так и неинерциальных, движущихся с ускорением или замедлением. Он говорит о том, что нельзя приписывать абсолютный характер не только скорости, но и ускорению, которое имеет конкретный смысл только по отношению к фактору, его определяющему.

Второй постулат — *принцип постоянства скорости света* — остается неизменным.

Третий постулат — *принцип эквивалентности инертной и гравитационной масс.* Этот факт был известен еще в классической механике. Теоретический анализ, который был сделан ученым, позволил сделать вывод, что физика не знает способа отличить эффект гравитации от эффекта ускорения. Иначе говоря, кинематические эффекты, возникающие под действием гравитационных сил, эквивалентны эффектам, возникающим под действием ускорения. Так, если ракета взлетает с ускорением 2g, то экипаж ракеты будет чувствовать себя так, как будто он находится в удвоенном поле тяжести Земли.

Важнейшим выводом общей теории относительности стала идея, что изменение геометрических (пространственных) и временных характеристик тел происходит не только при движении с большими скоростями, как это было доказано специальной теорией относительности, но и в гравитационных полях.

Сделанный вывод неразрывно связывал общую теорию относительности с геометрией, но общепризнанная геометрия Евклида для этого не годилась. Эйнштейн использовал геометрию Б. Римана, которая верна для поверхности сферы, и сделал вывод о кривизне пространства-времени.

Как можно представить себе искривление пространства, о котором говорит общая теория относительности? Представим себе очень тонкий лист резины и будем считать, что это модель пространства. Расположим на этом листе большие и маленькие шарики — модели звезд и планет. Шарик будет прогибать лист резины тем больше, чем больше его масса. Это наглядно демонстрирует зависимость кривизны пространства-времени от массы тела, подтверждает правоту Римана.

Теория относительности установила не только искривление пространства под действием полей тяготения, но и замедление хода времени в сильных гравитационных полях. Даже тяготение Солнца, достаточно небольшой по космическим меркам звезды, влияет на темп протекания времени, замедляя его вблизи себя. Поэтому, если мы пошлем радиосигнал в какую-то точку, путь к которой проходит рядом с Солнцем, путешествие радиосигнала займет в таком случае больше времени, чем тогда, когда на пути этого сигнала, отправленного на такое же расстояние, Солнца не будет. Задержка сигнала при его прохождении вблизи Солнца составляет около 0,0002 с. Такие эксперименты проводились, начиная с 1966 г., в качестве отражателя использовались как поверхности планет (Меркурия, Венеры), так и оборудование межпланетных станций.

Одно из самых фантастических предсказаний общей теории относительности — полная остановка времени в очень сильном поле тяготения. Замедление времени тем больше, чем сильнее тяготение. Гравитационное замедление времени, мерой и свидетельством которого служит красное смещение, очень значительно вблизи нейтронных звезд, а у гравитационного радиуса черной дыры оно столь велико, что время там, с точки зрения внешнего наблюдателя, просто замирает.

Существование черных дыр было предсказано общей теорией относительности. Если бы наше светило вдруг сжалось и превратилось в шар с радиусом в 3 км или меньше (радиус Солнца равен 700 000 км), оно превратилось бы в черную дыру. Из-за такого сжатия сила тяготения на поверхности, откуда исходит свет, возрастет настолько, что гравитационное красное смещение окажется действительно бесконечным. Солнце просто станет невидимым, ни один фотон не вылетит за его пределы. С нашим Солнцем такого не случится, а вот звезды, превосходящие Солнце по массе в 3 раза, в конце своей эволюции превращаются в такие объекты.

Свойства пространства-времени

Поскольку пространство и время неотделимы от материи, правильнее было бы говорить о пространственно-временных свойствах и отношениях материальных систем. Однако при познании пространства и времени ученые часто абстрагируются от их материального содержания, рассматривая их как самостоятельные формы бытия. В учебных целях свойства пространства и времени также рассматриваются отдельно.

Общие свойства пространства. Общими свойствами пространства являются:

1) *протяженность,* понимая как рядоположенность, существование и связь различных элементов (точек, отрезков, объемов и др.),

возможность прибавления к каждому данному элементу некоторого следующего элемента либо возможность уменьшения числа элементов. Протяженность пространства проявляется как единство прерывности и непрерывности в его структуре. Для пространства в целом характерно отсутствие каких-либо «разрывов» и нарушений в распространении взаимодействий в природе. Но для отдельных материальных тел свойственна относительная прерывность, которая проявляется в раздельном существовании материальных объектов и систем, имеющих определенные размеры и границы;

2) *трехмерность,* в соответствии с которой все материальные процессы и явления, известные нам, реализуются в пространстве трех измерений, т.е. обладают длиной, шириной и высотой. Это общее свойство, которое обнаруживается на всех известных структурных уровнях организации материи и органически связано со структурностью систем и их движением.

Общие свойства времени. Общими свойствами времени являются:

1) *длительность,* которая выступает как последовательность сменяющих друг друга моментов или состояний, возникновение за каждым данным интервалом времени последующего. Длительность предполагает возможность прибавления к каждому данному момен ту времени другого, а также возможность деления любого отрезка времени на меньшие интервалы.

Длительность бытия объектов во времени выступает как единство прерывного и непрерывного. Общая непрерывность времени проявляется в постоянном переходе предшествующих состояний в последующие. Прежде чем произойдет какое-либо явление в будущем, должны осуществиться все предшествующие ему изменения в прошлом. Но конкретные объекты материального мира имеют начало и конец, определенную длительность, т.е. существуют конечный период. Поэтому можно говорить о прерывности бытия конечных материальных объектов, хотя она и относительна, так как между всеми сменяющими друг друга качествами имеется внутренняя связь и непрерывный переход;

2) *необратимость времени* — общее свойство времени, означаю щее однонаправленное изменение от прошлого к будущему. Про шлое порождает настоящее и будущее, переходит в них. К прошлому относятся все те события, которые уже осуществились и преврати лись в последующие. Будущие события — это те, которые возникнут из настоящих и непосредственно предшествующих им событий. На стоящее охватывает все те объекты, системы и процессы, которые реально существуют и способны к взаимодействию между собой.

Понятие настоящего, так же как и понятие современности, многозначно, так как охватывает различные временные интервалы. Так, для человека предельно суженное настоящее — это сиюсекундное переживание, фиксируемое с большим трудом; для элемен-

тарных частиц — очень малые отрезки, которые для Галактики возрастают до сотни тысяч лет, а в больших системах будут еще более значительными;

3) *одномерность времени,* проявляющаяся в линейной последовательности событий, генетически связанных между собой. Если для определения положения тела в пространстве необходимо задать три координаты, то для определения времени достаточно одной.

Общие свойства пространства и времени проявляются на всех структурных уровнях организации материи. У некоторых классов материальных объектов проявляются дополнительные, локальные свойства пространства и времени.

Так, в макромире все материальные тела имеют конкретные пространственные формы, размеры, скорости перемещения и т.д. Все материальные тела и процессы имеют конкретную длительность своего существования.

Также у материальных тел проявляются разные виды симметрии или асимметрии. В целом пространству присущи свойства изотропности и однородности. *Изотропность* — это отсутствие выщеленных направлений (верх, низ и т.д.), независимость свойств тел, движущихся по инерции, от направления их движения. *Однородность* — это одинаковость свойств пространства по всем направлениям. Но в структуре отдельных тел можно отметить *анизотропию* (тела расщепляются в одних направлениях лучше, чем в других) и *неоднородность.*

Изучение пространства и времени продолжается и сегодня. Есть интересные исследования о социальном и биологическом пространстве и времени, гипотезы о природе времени.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Анисимов А.* Что нас ждет в торсионном поле // Человек. 1994. № 5.
2. *Вайнберг С.* Открытие субатомных частиц. М., 1986.
3. *Винокуров И., Гуртовой Г.* Психотронная война. М., 1993.
4. *Девис П.* Суперсила. М., 1989.
5. *Зигель Ф.Ю.* Неисчерпаемость бесконечности. М., 1984.
6. *Новиков И.Д.* Куда течет река времени? М., 1990.
7. *Пайерлс Р.* Частицы и силы // Фундаментальная структура материи. М., 1984.
8. *Паркер Б.* Мечта Эйнштейна. В поисках единой теории строения Вселенной. М., 1991.
9. *Фундаментальная* структура материи / Под ред. Д. Малви. М., 1984.
10. *Хелзин Ф., Мартин А.* Лептоны и кварки. М., 1987.
11. *Хокинг С.* Краткая история времени. СПб., 2001.

Глава 6

Современные космологические концепции

6.1. Космология и космогония

Окружающий нас мир при всем его многообразии и изменчивости — не хаотическое скопление предметов и событий, а единое системное образование. В природе отчетливо просматривается многоступенчатая иерархия структурных уровней организации материи от элементарных частиц до крупномасштабных галактик. Каждый структурный уровень характеризуется специфической организацией и размерами, каждая ступень иерархической лестницы закономерно связана с другими. Благодаря взаимным связям этот огромный и разнообразный мир предстает перед нами как гармония, полная загадок и тайн. Большая их часть связана с вопросами происхождения и устройства Вселенной, ответы на которые дают космология, космогония и астрономия.

Космология

Начиная с самых ранних этапов своей истории человек стремился понять, как устроен окружающий мир, что такое звезды, планеты, солнце, как они возникли. Многовековые попытки дать ответы на эти вопросы привели к возникновению космологии.

Космология — астрофизическая теория структуры и динамики изменения Метагалактики, включающая в себя и определенное понимание свойств всей Вселенной.

Сам термин «космология» образован от двух греческих слов: kosmos — Вселенная и logos — закон, учение. По своей сути космология представляет собой раздел естествознания, использующий достижения и методы астрономии, физики, математики, философии. Естественно-научной базой космологии являются астрономические наблюдения Галактики и других звездных систем, общая

теория относительности, физика микропроцессов и высоких плотностей энергии, релятивистская термодинамика и ряд других новейших физических теорий.

Многие положения современной космологии кажутся фантастическими. Понятия Вселенной, бесконечности, Большого взрыва не поддаются наглядному физическому восприятию; такие объекты и процессы нельзя зафиксировать непосредственно. Из-за этого обстоятельства складывается впечатление, что речь идет о чем-то сверхъестественном. Но такое впечатление обманчиво, поскольку функционирование космологии носит весьма конструктивный характер, хотя многие ее положения и оказываются гипотетичными.

Современная космология — это раздел астрономии, в котором объединены данные физики и математики, а также универсальные философские принципы, поэтому она представляет собой синтез научных и философских знаний. Такой синтез в космологии необходим, поскольку размышления о происхождении и устройстве Вселенной эмпирически трудно проверяемы и чаще всего существуют в виде теоретических гипотез или математических моделей. Космологические исследования обычно развиваются от теории к практике, от модели к эксперименту, и здесь исходные философские и общенаучные установки приобретают большое значение. По этой причине космологические модели существенно различаются между собой — в их основе зачастую лежат противоположные исходные философские принципы. В свою очередь, любые космологические выводы также влияют на общефилософские представления об устройстве Вселенной, т.е. изменяют фундаментальные представления человека о мире и самом себе.

Важнейший постулат современной космологии заключается в том, что законы природы, установленные на основе изучения весьма ограниченной части Вселенной, могут быть экстраполированы на гораздо более широкие области, а в конечном счете и на всю Вселенную. Космологические теории различаются в зависимости от того, какие физические принципы и законы положены в их основу. Построенные на их базе модели должны допускать проверку для наблюдаемой области Вселенной, а выводы теории — подтверждаться наблюдениями или во всяком случае не противоречить им.

Космогония

В Новое время рождается космогония.

Космогония — наука о происхождении и развитии космических тел и их систем.

Таким образом, космогония изучает звезды и звездные системы, галактики, туманности, Солнечную систему и все входящие в нее тела — планеты, спутники, астероиды, кометы и метеориты. Первоначально космогонические гипотезы касались только Солнечной системы. Лишь в XX в. появилась возможность начать серьезное изучение происхождения и развития звезд и галактик.

6.2. Космологические модели Вселенной

Результаты познания, получаемые в космологии, оформляются в виде моделей происхождения и развития Вселенной. Это связано с тем, что в космологии невозможно поставить воспроизводимые эксперименты и вывести из них какие-то законы, как это делается в других естественных науках. Кроме того, каждое космическое явление уникально. Поэтому космология оперирует моделями.

Формирование классической космологической модели

Уже древние мудрецы задавались вопросом о происхождении и устройстве Вселенной. Их взгляды и идеи были неотъемлемым компонентом философских систем древности. Эти первые космологические идеи, сохранившиеся до наших дней в виде мифов, основывались на астрономических наблюдениях. Жрецам Вавилона, Египта, Индии и Китая удалось точно вычислить продолжительность года, повторяемость солнечных и лунных затмений. Наблюдая за небесными телами, они смогли выявить две группы небесных тел: подвижные и неподвижные. Множество звезд долгое время считались неподвижными объектами. К числу подвижных тел относились Луна, Солнце и пять известных в то время планет, названных именами богов (впервые это было сделано в Вавилоне, сегодня же мы используем в качестве названий планет имена римских богов) — Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. В их честь неделя была разделена на семь дней, каждый из которых в существующей и сегодня астрологической традиции связан с одним из подвижных тел. Из наблюдения видимого движения Солнца по небесной сфере были открыты двенадцать так называемых зодиакальных созвездий.

После того как появилась философия, пришедшая вместе с наукой на смену мифологии, ответ на «вечные» вопросы стали искать в основном в рамках философских концепций. В античности появилось несколько интересных космологических моделей Вселенной, принадлежащих Пифагору, Демокриту, Платону. Тогда же возникли и первые гелиоцентрические модели Вселенной. Так, Гераклид Понтийский признавал суточное вращение Земли и ее движение

вокруг покоящегося Солнца. Аристарх Самосский выдвигал идею о том, что Земля вращается по окружности, центром которой служит Солнце. Но гелиоцентрические идеи были отвергнуты большинством античных мыслителей, и общепризнанным итогом античной космологии стала геоцентрическая концепция, сформулированная Аристотелем и усовершенствованная Птолемеем. Данная модель просуществовала в течение всего Средневековья. Она была очень сложной, так как для компенсации видимого движения планет, совершающих петлеобразные движения, пришлось ввести систему деферентов и эпициклов.

С приходом Нового времени философия уступила свое первенство в создании космологических моделей науке, которая добилась особенно больших успехов в XX в., перейдя от различных догадок к достаточно обоснованным фактам, гипотезам и теориям. Первым результатом стало появление в XVI в. гелиоцентрической модели Вселенной, автором которой стал Николай Коперник. В этой модели Вселенная все еще представляла собой замкнутую сферу, в центре которой находилось Солнце, а вокруг него вращались планеты, в том числе и Земля.

Успехи космологии и космогонии в XVIII—XIX вв. завершились созданием *классической полицентрической картины мира,* ставшей начальным этапом развития научной космологии. Данная модель достаточно проста и понятна. Вселенная считается бесконечной в пространстве и во времени, иными словами, вечной. Основным законом, управляющим движением и развитием небесных тел, является закон всемирного тяготения. Пространство никак не связано с находящимися в нем телами, играя пассивную роль вместилища для этих тел. Время также не зависит от материи, являясь универсальной длительностью всех природных явлений и тел. Исчезни вдруг все тела, пространство и время сохранились бы неизменными. Количество звезд, планет и звездных систем во Вселенной бесконечно велико. Каждое небесное тело проходит длительный жизненный путь. На смену погибшим, точнее, погасшим, звездам приходят новые, молодые светила. Хотя детали возникновения и гибели небесных тел оставались неясными, в основном эта модель казалась стройной и логически непротиворечивой. В таком виде классическая полицентрическая модель просуществовала в науке вплоть до начала XX в.

Однако в данной модели Вселенной было несколько недостатков. Закон всемирного тяготения объяснял центростремительное ускорение планет, но не говорил, откуда взялось стремление планет, а также любых материальных тел двигаться равномерно и прямолинейно. Для объяснения инерциального движения пришлось допустить существование в ней божественного «первотолчка», приведшего в движение все материальные тела. Кроме того, для кор-

рекции орбит космических тел также допускалось вмешательство Бога. Таким образом, классическая полицентрическая модель Вселенной лишь частично носила научный характер, она не смогла дать научного объяснения происхождения Вселенной и поэтому была заменена другими моделями.

Космологические парадоксы

К концу XIX в. появились серьезные сомнения в классической космологической модели. Они приняли форму так называемых космологических парадоксов — фотометрического, гравитационного и термодинамического.

Фотометрический парадокс. Еще в XVIII в. швейцарский астроном Р. Шезо высказал сомнения в пространственной бесконечности Вселенной. Если предположить, утверждал Шезо, что в бесконечной Вселенной существует бесконечное множество звезд и они распределены в пространстве равномерно, то тогда по любому направлению взгляд земного наблюдателя непременно натыкался бы на какую-нибудь звезду. Тогда небосвод, сплошь усеянный звездами, имел бы бесконечную светимость, т.е. такую поверхностную яркость, что даже Солнце на его фоне казалось бы черным пятном. Однако этого не происходит. Независимо от Шезо к аналогичным же выводам пришел известный немецкий астроном Ф. Ольберс. Это парадоксальное утверждение получило в астрономии наименование *фотометрического парадокса Шезо—Ольберса.* Таков был первый космологический парадокс, поставивший под сомнение пространственную бесконечность Вселенной.

Гравитационный парадокс. В конце XIX в. немецкий астроном К. Зеелигер обратил внимание на другой парадокс, также неизбежно вытекавший из представлений о бесконечности Вселенной. Он получил название *гравитационного парадокса.* Нетрудно подсчитать, что в бесконечной Вселенной с равномерно распределенными в ней телами сила тяготения со стороны всех тел Вселенной на данное тело оказывается бесконечно большой или неопределенной. Результат зависит от способа вычисления. Поскольку этого не происходит, Зеелигер сделал вывод, что количество небесных тел во Вселенной ограничено, а значит, и сама Вселенная не бесконечна.

Термодинамический парадокс. Третий, термодинамический, парадокс также был сформулирован в XIX в. Он вытекает из второго начала термодинамики — принципа возрастания энтропии. Мир полон энергии, которая подчиняется важнейшему закону природы — закону сохранения энергии. Казалось бы, из этого закона неизбежно вытекает вечный круговорот материи во Вселенной. В самом деле, если в природе при всех изменениях материи она не исчезает и не возникает из ничего, а лишь переходит из одной формы суще-

ствования в другую, то Вселенная вечна, а материя, ее составляющая, пребывает в вечном круговороте. Таким образом, погасшие звезды снова превращаются в источник света и тепла. Никто, конечно, не знал, как это происходит, но убеждение в том, что Вселенная в целом всегда одна и та же, было в то время почти всеобщим.

Тем неожиданнее прозвучал вывод из второго начала термодинамики, открытого в середине XIX в. англичанином Кельвином и немецким физиком Клаузиусом. При всех превращениях различные виды энергии в конечном счете переходят в тепло, которое, будучи предоставлено себе, стремится к состоянию термодинамического равновесия, т.е. рассеивается в пространстве. Так как процесс рассеяния тепла необратим, то рано или поздно все звезды погаснут, все активные процессы в природе прекратятся и Вселенная превратится в мрачное замерзшее кладбище. Наступит тепловая смерть Вселенной.

Встать на позицию Клаузиуса — значит признать, что Вселенная имела когда-то начало и неизбежно будет иметь конец. Действительно, если бы в прошлом Вселенная существовала вечно, то в ней давно наступило бы состояние тепловой смерти, а так как этого нет, то, по убеждению Клаузиуса и многих других его современников, Вселенная была сотворена сравнительно недавно, а в будущем, если не случится какого-нибудь чуда, Вселенную ждет тепловая смерть.

Таким образом, концепция тепловой смерти Вселенной, термодинамический парадокс подставили под сомнение вопрос о вечности Вселенной во времени. Три космологических парадокса заставили ученых усомниться в классической космологической модели Вселенной, побудили их к поискам новых непротиворечивых моделей.

Релятивистская модель Вселенной

Новая модель Вселенной была создана в 1917 г. А. Эйнштейном. Ее основу составила релятивистская теория тяготения — общая теория относительности. Эйнштейн отказался от постулатов абсолютности и бесконечности пространства и времени, однако сохранил принцип стационарности, неизменности Вселенной во времени и ее конечности в пространстве. Свойства Вселенной, по мнению Эйнштейна, определяются распределением в ней гравитационных масс, Вселенная безгранична, но при этом замкнута в пространстве. Согласно этой модели, пространство однородно и изотропно, т.е. во всех направлениях имеет одинаковые свойства, материя распределена в нем равномерно, время бесконечно, а его течение не влияет на свойства Вселенной. На основании проведенных расчетов Эйнштейн сделал вывод, что мировое пространство представляет собой четырехмерную сферу.

При этом не следует представлять себе данную модель Вселенной в виде обычной сферы. Сферическое пространство есть сфера, но сфера четырехмерная, не поддающаяся наглядному представлению. По аналогии можно сделать вывод, что объем такого пространства конечен, как конечна поверхность любого шара, ее можно выразить конечным числом квадратных сантиметров. Поверхность всякой четырехмерной сферы также выражается конечным числом кубометров. Такое сферическое пространство не имеет границ, и в этом смысле оно безгранично. Летя в таком пространстве в одном направлении, мы в конце концов вернемся в исходную точку. Но в то же время муха, ползущая по поверхности шара, нигде не найдет границ и преград, запрещающих ей двигаться в любом избранном направлении. В этом смысле поверхность любого шара безгранична, хотя и конечна, т.е. безграничность и бесконечность — это разные понятия.

Итак, из расчетов Эйнштейна следовало, что наш мир является четырехмерной сферой. Объем такой Вселенной может быть выражен хотя и очень большим, но все же конечным числом кубометров. В принципе можно облететь всю замкнутую Вселенную, двигаясь все время в одном направлении. Такое воображаемое путешествие подобно земным кругосветным путешествиям. Но конечная по объему Вселенная в то же время безгранична, как не имеет границ поверхность любой сферы. Вселенная Эйнштейна содержит хотя и большое, но все же конечное число звезд и звездных систем, а поэтому к ней неприменимы фотометрический и гравитационный парадоксы. В то же время призрак тепловой смерти тяготеет и над Вселенной Эйнштейна. Такая Вселенная, конечная в пространстве, неизбежно идет к своему концу во времени. Вечность ей не присуща.

Таким образом, несмотря на новизну и даже революционность идей, Эйнштейн в своей космологической теории ориентировался на привычную классическую мировоззренческую установку статичности мира. Его более привлекал гармоничный и устойчивый мир, нежели мир противоречивый и неустойчивый.

Модель расширяющейся Вселенной

Модель Вселенной Эйнштейна стала первой космологической моделью, базирующейся на выводах общей теории относительности. Это связано с тем, что именно тяготение определяет взаимодействие масс на больших расстояниях. Поэтому теоретическим ядром современной космологии выступает теория тяготения — общая теория относительности. Эйнштейн допускал в своей космологической модели наличие некой гипотетической отталкивающей силы, которая должна была обеспечить стационарность, неизменность Вселенной. Однако последующее развитие естествознания внесло существенные коррективы в это представление.

Пять лет спустя, в 1922 г., советский физик и математик А. Фридман на основе строгих расчетов показал, что Вселенная Эйнштейна не может быть стационарной, неизменной. При этом Фридман опирался на сформулированный им космологический принцип, который строится на двух предположениях: об изотропности и однородности Вселенной. Изотропность Вселенной понимается как отсутствие выделенных направлений, одинаковость Вселенной по всем направлениям. Однородность Вселенной понимается как одинаковость всех точек Вселенной: мы можем проводить наблюдения в любой из них и везде увидим изотропную Вселенную.

Фридман на основе космологического принципа доказал, что уравнения Эйнштейна имеют и другие, нестационарные решения, согласно которым Вселенная может либо расширяться, либо сжиматься. При этом речь шла о расширении самого пространства, т.е. об увеличении всех расстояний мира. Вселенная Фридмана напоминала раздувающийся мыльный пузырь, у которого и радиус, и площадь поверхности непрерывно увеличиваются.

Первоначально модель расширяющейся Вселенной носила гипотетический характер и не имела эмпирического подтверждения. Однако в 1929 г. американский астроном Э. Хаббл обнаружил эффект «красного смещения» спектральных линий (смещение линий к красному концу спектра). Это было истолковано как следствие эффекта Допплера — изменение частоты колебаний или длины волн из-за движения источника волн и наблюдателя по отношению друг к другу. «Красное смещение» было объяснено как следствие удаления галактик друг от друга со скоростью, возрастающей с расстоянием. Согласно последним измерениям увеличение скорости расширения составляет примерно 55 км/с на каждый миллион парсек.

В результате своих наблюдений Хаббл обосновал представление, что Вселенная — это мир галактик, что наша Галактика — не единственная в ней, что существует множество галактик, разделенных между собой огромными расстояниями. Вместе с тем Хаббл пришел к выводу, что межгалактические расстояния не остаются постоянными, а увеличиваются. Таким образом, в естествознании появилась *концепция расширяющейся Вселенной.*

Какое же будущее ждет нашу Вселенную? Фридман предложил три модели развития Вселенной.

В *первой модели* Вселенная расширяется медленно для того, чтобы в силу гравитационного притяжения между различными галактиками расширение Вселенной замедлялось и в конце концов прекращалось. После этого Вселенная начинала сжиматься. В этой модели пространство искривляется, замыкаясь на себя, образуя сферу.

Во *второй модели* Вселенная расширялась бесконечно, а пространство искривлено как поверхность седла и при этом бесконечно.

В *третьей модели* Фридмана пространство плоское и тоже бесконечное.

По какому из этих трех вариантов идет эволюция Вселенной, зависит от отношения гравитационной энергии к кинетической энергии разлетающегося вещества.

Если кинетическая энергия разлета вещества преобладает над гравитационной энергией, препятствующей разлету, то силы тяготения не остановят разбегания галактик, и расширение Вселенной будет носить необратимый характер. Этот вариант динамичной модели Вселенной называют *открытой Вселенной.*

Если же преобладает гравитационное взаимодействие, то темп расширения со временем замедлится до полной остановки, после чего начнется сжатие вещества вплоть до возврата Вселенной в исходное состояние сингулярности (точечный объем с бесконечно большой плотностью). Такой вариант модели назван *осциллирующей,* или *закрытой, Вселенной.*

В граничном случае, когда силы гравитации точно равны энергии разлета вещества, расширение не прекратится, но его скорость со временем будет стремиться к нулю. Через несколько десятков миллиардов лет после начала расширения Вселенной наступит состояние, которое можно назвать *квазистационарным.* Теоретически возможна и пульсация Вселенной.

Наблюдаемое нами разбегание галактик есть следствие расширения пространства замкнутой конечной Вселенной. При таком расширении пространства все расстояния во Вселенной увеличиваются подобно тому, как растут расстояния между пылинками на поверхности раздувающегося мыльного пузыря. Каждую из таких пылинок, как и каждую из галактик, можно с полным правом считать центром расширения. Когда Э. Хаббл показал, что далекие галактики разбегаются друг от друга со все возрастающей скоростью, был сделан однозначный вывод о том, что наша Вселенная расширяется. Но расширяющаяся Вселенная — это изменяющаяся Вселенная, мир со всей своей историей, имеющий начало и конец. Постоянная Хаббла позволяет оценить время, в течение которого продолжается процесс расширения Вселенной. Получается, что оно не менее 10 млрд. и не более 19 млрд. лет. Наиболее вероятным временем существования расширяющейся Вселенной считают 15 млрд. лет. Таков приблизительный возраст нашей Вселенной.

6.3. Происхождение Вселенной — концепция Большого взрыва

Представление о развитии Вселенной закономерно привело постановке проблемы начала эволюции (рождения) Вселенной и ее

конца (смерти). В настоящее время существует несколько космологических моделей, объясняющих отдельные аспекты возникновения материи во Вселенной, но они не объясняют причин и процесса рождения самой Вселенной. Из всей совокупности современных космологических теорий только теория Большого взрыва Г. Гамова смогла к настоящему времени удовлетворительно объяснить почти все факты, связанные с этой проблемой. Основные черты модели Большого взрыва сохранились до сих пор, хотя и были позже дополнены теорией инфляции, или теорией раздувающейся Вселенной, разработанной американскими учеными А. Гутом и П. Стейн-хардтом и дополненной советским физиком А.Д. Линде.

В 1948 г. выдающийся американский физик русского происхождения Г. Гамов выдвинул предположение, что физическая Вселенная образовалась в результате гигантского взрыва, происшедшего примерно 15 млрд. лет тому назад. Тогда все вещество и вся энергия Вселенной были сконцентрированы в одном крохотном сверхплотном сгустке. Если верить математическим расчетам, то в начале расширения радиус Вселенной был и вовсе равен нулю, а ее плотность равна бесконечности. Это начальное состояние называется *сингулярностью* — точечный объем с бесконечной плотностью. Известные законы физики в сингулярности не работают. В этом состоянии теряют смысл понятия пространства и времени, поэтому бессмысленно спрашивать, где находилась эта точка. Также современная наука ничего не может сказать о причинах появления такого состояния.

Тем не менее, согласно принципу неопределенности Гейзенберга вещество невозможно стянуть в одну точку, поэтому считается, что Вселенная в начальном состоянии имела определенную плотность и размеры. По некоторым подсчетам, если все вещество наблюдаемой Вселенной, которое оценивается примерно в 10^{61} г, сжать до плотности 10^{94} г/см^3, то оно займет объем около 10^{-33} см^3. Ни в какой электронный микроскоп разглядеть ее было бы невозможно. Долгое время ничего нельзя было сказать о причинах Большого взрыва и переходе Вселенной к расширению. Но сегодня появились некоторые гипотезы, пытающиеся объяснить эти процессы. Они лежат в основе инфляционной модели развития Вселенной.

«Начало» Вселенной

Основная идея концепции Большого взрыва состоит в том, что Вселенная на ранних стадиях возникновения имела неустойчивое вакуумоподобное состояние с большой плотностью энергии. Эта энергия возникла из квантового излучения, т.е. как бы из ничего. Дело в том, что в физическом вакууме отсутствуют фиксируемые

частицы, поля и волны, но это не безжизненная пустота. В вакууме имеются виртуальные частицы, которые рождаются, имеют мимолетное бытие и тут же исчезают. Поэтому вакуум «кипит» виртуальными частицами и насыщен сложными взаимодействиями между ними. Причем, энергия, заключенная в вакууме, располагается как бы на его разных этажах, т.е. имеется феномен разностей энергетических уровней вакуума.

Пока вакуум находится в равновесном состоянии, в нем существуют лишь виртуальные (призрачные) частицы, которые занимают в долг у вакуума энергию на короткий промежуток времени, чтобы родиться, и быстро возвращают позаимствованную энергию, чтобы исчезнуть. Когда же вакуум по какой-либо причине в некоторой исходной точке (сингулярности) возбудился и вышел из состояния равновесия, то виртуальные частицы стали захватывать энергию без отдачи и превращались в реальные частицы. В конце концов в определенной точке пространства образовалось огромное множество реальных частиц вместе со связанной ими энергией. Когда же возбужденный вакуум разрушился, то высвободилась гигантская энергия излучения, а суперсила сжала частицы в сверхплотную материю. Экстремальные условия «начала», когда даже пространство-время было деформировано, предполагают, что и вакуум находился в особом состоянии, которое называют «ложным» вакуумом. Оно характеризуется энергией предельно высокой плотности, которой соответствует предельно высокая плотность вещества. В этом состоянии вещества в нем могут возникать сильнейшие напряжения, отрицательные давления, равносильные гравитационному отталкиванию такой величины, что оно вызвало безудержное и стремительное расширение Вселенной — Большой взрыв. Это и было первотолчком, «началом» нашего мира.

С этого момента начинается стремительное расширение Вселенной, возникают время и пространство. В это время идет безудержное раздувание «пузырей пространства», зародышей одной или нескольких вселенных, которые могут отличаться друг от друга своими фундаментальными константами и законами. Один из них стал зародышем нашей Метагалактики.

По разным оценкам, период «раздувания», идущий по экспоненте, занимает невообразимо малый промежуток времени — до 10^{-33} с после «начала». Он называется *инфляционным периодом.* За это время размеры Вселенной увеличились в 10^{50} раз, от миллиардной доли размера протона до размеров спичечного коробка.

К концу фазы инфляции Вселенная была пустой и холодной, но когда инфляция иссякла, Вселенная вдруг стала чрезвычайно «горячей». Этот всплеск тепла, осветивший космос, обусловлен огромными запасами энергии, заключенными в «ложном» вакууме. Такое состояние вакуума очень неустойчиво и стремится к распаду. Когда

распад завершается, отталкивание исчезает, заканчивается и инфляция. А энергия, связанная в виде множества реальных частиц, высвободилась в виде излучения, мгновенно нагревшего Вселенную до 10^{27} К. С этого момента Вселенная развивалась согласно стандартной теории «горячего» Большого взрыва.

Ранний этап эволюции Вселенной

Сразу после Большого взрыва Вселенная представляла собой плазму из элементарных частиц всех видов и их античастиц в состоянии термодинамического равновесия при температуре 10^{27} К, которые свободно превращались друг в друга. В этом сгустке существовали только гравитационное и большое (Великое) взаимодействия. Потом Вселенная стала расширяться, одновременно ее плотность и температура уменьшались. Дальнейшая эволюция Вселенной происходила поэтапно и сопровождалась, с одной стороны, дифференциацией, а с другой — усложнением ее структур. Этапы эволюции Вселенной различаются характеристиками взаимодействия элементарных частиц и называются *эрами.* Самые важные изменения заняли менее трех минут.

Адронная эра продолжалась 10^{-7} с. На этом этапе температура понижается до 10^{13} К. При этом появляются все четыре фундаментальных взаимодействия, прекращается свободное существование кварков, они сливаются в адроны, важнейшими среди которых являются протоны и нейтроны. Наиболее значимым событием стало глобальное нарушение симметрии, которое произошло в первые мгновения существования нашей Вселенной. Число частиц оказалось чуть больше, чем число античастиц. Причины такой асимметрии точно неизвестны до сих пор. В общем плазмоподобном сгустке на каждый миллиард пар частиц и античастиц на одну частицу оказывалось больше, ей не хватало пары для аннигиляции. Это и определило дальнейшее появление вещественной Вселенной с галактиками, звездами, планетами и разумными существами на некоторых из них.

Лептонная эра продолжалась до 1 с после начала. Температура Вселенной понизилась до 10^{10} К. Главными ее элементами были лептоны, которые участвовали во взаимных превращениях протонов и нейтронов. В конце этой эры вещество стало прозрачным для нейтрино, они перестали взаимодействовать с веществом и с тех пор дожили до наших дней.

Эра излучения (фотонная эра) продолжалась 1 млн. лет. За это время температура Вселенной снизилась с 10 млрд. К до 3000 К. На протяжении данного этапа происходили важнейшие для дальнейшей эволюции Вселенной процессы первичного нуклеосинтеза — соединение протонов и нейтронов (их было примерно в 8 раз мень-

ше, чем протонов) в атомные ядра. К концу этого процесса вещество Вселенной состояло на 75% из протонов (ядер водорода), около 25% составляли ядра гелия, сотые доли процента пришлись на дейтерий, литий и другие легкие элементы, после чего Вселенная стала прозрачной для фотонов, так как излучение отделилось от вещества и образовало то, что в нашу эпоху называется реликтовым излучением.

Затем почти 500 тысяч лет не происходило никаких качественных изменений — шло медленное остывание и расширение Вселенной. Вселенная, оставаясь однородной, становилась все более разреженной. Когда она остыла до 3000 К, ядра атомов водорода и гелия уже могли захватывать свободные электроны и превращаться при этом в нейтральные атомы водорода и гелия. В итоге образовалась однородная Вселенная, представлявшая собой смесь трех почти не взаимодействующих субстанций: барионного вещества (водород, гелий и их изотопы), лептонов (нейтрино и антинейтрино) и излучения (фотоны). К этому времени уже не было высоких температур и больших давлений. Казалось, в перспективе Вселенную ждет дальнейшее расширение и остывание, образование «лептонной пустыни» — что-то вроде тепловой смерти. Но этого не случилось; напротив, произошел скачок, создавший современную структурную Вселенную, который, по современным оценкам, занял от 1 до 3 миллиардов лет.

6.4. Структурная самоорганизация Вселенной

После Большого взрыва образовавшееся вещество и электромагнитное поле были рассеяны и представляли собой газопылевое облако и электромагнитный фон. Спустя I млрд. лет после начала образования Вселенной стали появляться галактики и звезды. К этому времени вещество уже успело охладиться, и в нем стали возникать стабильные флуктуации плотности, равномерно заполнявшие космос. В сформировавшейся материальной среде появлялись и получали развитие случайные уплотнения вещества. Силы тяготения внутри таких уплотнений проявляют себя заметнее, чем за их границами. Поэтому, несмотря на общее расширение Вселенной, вещество в уплотнениях притормаживается, а его плотность начинает постепенно возрастать. Продолжая сжиматься и теряя при этом энергию на излучение, уплотнившееся вещество в результате своей эволюции превращалось в современные галактики. Появление подобных уплотнений и стало началом рождения крупномасштабных космических структур — галактик, а затем и отдельных звезд.

Рождение и эволюция галактик

Итак, *первым условием* появления галактик во Вселенной стало появление случайных скоплений и сгущений вещества в однородной Вселенной. Впервые подобная мысль была высказана И. Ньютоном, который утверждал, что если бы вещество было равномерно рассеяно по бесконечному пространству, то оно никогда бы не собралось в единую массу. Оно собиралось бы частями в разных местах бесконечного пространства. Данная идея Ньютона стала одним из краеугольных камней современной космогонии.

Второе условие появления галактик — наличие малых возмущений, флуктуаций вещества, ведущих к отклонению от однородности и изотропности пространства. Именно флуктуации и стали теми «затравками», которые привели к появлению более крупных уплотнений вещества. Эти процессы можно представить по аналогии с процессами образования облаков в атмосфере Земли. Известно, что водяной пар конденсируется на крохотных частичках — ядрах конденсации.

В середине XX в. были проведены расчеты, описывающие поведение таких сгущений. В частности, было доказано, что в расширяющейся Вселенной участки среды с большей плотностью расширяются медленнее, чем Вселенная в целом. Эти области постепенно отстают в расширении от остальной Вселенной, и в какой-то момент времени они совсем перестают расширяться. Изолированные участки вещества, как правило, очень велики по массе: она составляет в среднем 10^{15}—10^{16} масс Солнца. Данные массы под действием гравитации начинают сжиматься, причем, происходит это весьма своеобразно — анизотропно. Вначале исходные объекты имеют форму куба, а затем сжимаются в пластинку — «блин». Первоначально изолированные друг от друга плоские «блины» очень скоро вырастают в плотные слои. Эти слои пересекаются, и в процессе их взаимодействия образуется ячеисто-сетчатая структура, где стенками огромных пустот служат «блины». Отдельный «блин» представляет собой сверхскопление галактик и имеет уплощенную форму. Эти первичные сгустки, продолжая сжиматься, становятся сферически симметричными. Кроме того, внутри себя они одновременно фрагментируются на звезды.

Существуют предположения относительно того, почему чаще встречаются спиральные галактики (их около 80%), чем галактики других типов (эллиптические и неправильные). Возможно, спиральные галактики образуются в результате слияния протогалактик в скоплениях. Вначале образуется объект неправильной формы, затем за несколько сотен миллионов лет (немного по космическим меркам) неровности сглаживаются, и образуется массивная эллип-

тическая галактика. Постепенно в результате вращения такой галактики может образовываться дискообразная структура, которая со временем будет приобретать облик спиральной галактики. Подтверждением этой точки зрения является наличие галактик переходного типа, занимающих промежуточное положение между спиральными и эллиптическими галактиками.

Также есть предположение, почему в скоплениях галактик присутствует одна гигантская галактика, а остальные — мелкие. Считается, что вначале гигантская галактика лишь немного превосходила по своим размерам соседние галактики. Но по мере того, как галактика двигалась по спиральной траектории к центру скопления, она заглатывала более мелкие системы. Мелкие галактики, обреченные на «съедение», называют *галактиками-миссионерами.*

Были выдвинуты гипотезы, объясняющие вращение галактик. Сегодня считается, что на ранних стадиях эволюции протогалактики были гораздо больше, чем сейчас. Кроме того, космологическое расширение не успело их разогнать далеко друг от друга, поэтому между ними возникали значительные гравитационные силы. Эти силы принимали вид приливных взаимодействий, которые и вызывали вращение галактик.

Галактики существуют в виде групп (несколько галактик), скоплений (сотни галактик) и облаков скоплений (тысячи галактик). Одиночные галактики во Вселенной встречаются очень редко. Средние расстояния между галактиками в группах и скоплениях в 10—20 раз больше, чем размеры самых крупных галактик. Гигантские галактики имеют размеры до 18 млн. световых лет. Наиболее удаленные из наблюдаемых ныне галактик находятся на расстоянии 10 млрд. световых лет. Свет этих звезд идет к нам миллионы лет, поэтому мы наблюдаем их такими, какими они были много световых лет назад. Пространство между галактиками заполнено газом, пылью и разного рода излучениями. Основное вещество, составляющее межзвездный газ, — водород, на втором месте — гелий. Следует отметить, что водород и гелий — наиболее распространенные вещества не только в межзвездном пространстве, но и вообще во Вселенной.

Наша Галактика — Млечный путь — имеет форму диска с выпуклостью в центре — ядром, от которого отходят спиралевидные рукава. Ее толщина — 1,5 тыс. световых лет, а диаметр — 100 тыс. световых лет. Возраст нашей Галактики составляет около 15 млрд. лет. Она вращается довольно сложным образом: значительная часть ее галактической материи вращается дифференциально, как планеты вращаются вокруг Солнца, не обращая внимания на то, по каким орбитам движутся другие, достаточно далекие космические тела, и скорость вращения этих тел уменьшается с увеличением их

расстояния от центра. Другая часть диска нашей Галактики вращается твердотельно, как музыкальный диск, крутящийся на проигрывателе. В этой части галактического диска угловая скорость вращения одинакова для любой точки. Наше Солнце находится в таком участке Галактики, в котором скорости твердотельного и дифференциального вращения равны. Такое место называется *коротаци-онным кругом.* В нем создаются особые, спокойные и стационарные условия для процессов звездообразования.

Рождение и эволюция звезд

Звезды рождаются из космического вещества в результате его конденсации под действием гравитационных, магнитных и других сил. Под влиянием сил всемирного тяготения из газового облака образуется плотный шар — протозвезда, эволюция которой проходит три этапа.

Первый этап эволюции связан с обособлением и уплотнением космического вещества. *Второй* представляет собой стремительное сжатие протозвезды. В какой-то момент давление газа внутри протозвезды возрастает, что замедляет процесс ее сжатия, однако температура во внутренних областях пока остается недостаточной для начала термоядерной реакции. На *третьем этапе* протозвезда продолжает сжиматься, а ее температура — повышаться, что приводит к началу термоядерной реакции. Давление газа, вытекающего из звезды, уравновешивается силой притяжения, и газовый шар перестает сжиматься. Образуется равновесный объект — звезда. Такая звезда является саморегулирующейся системой. Если температура внутри не повышается, то звезда раздувается. В свою очередь, остывание звезды приводит к ее последующему сжатию и разогреванию, ядерные реакции в ней ускоряются. Таким образом, температурный баланс оказывается восстановлен. Процесс преобразования протозвезды в звезду растягивается на миллионы лет, что сравнительно немного по космическим масштабам.

Рождение звезд в галактиках происходит непрерывно. Этот процесс компенсирует также непрерывно происходящую смерть звезд. Поэтому галактики состоят из старых и молодых звезд. Самые старые звезды сосредоточены в шаровых скоплениях, их возраст сравним с возрастом галактики. Эти звезды формировались, когда про-тогалактическое облако распадалось на все более мелкие сгустки. Молодые звезды (возраст около 100 тыс. лет) существуют за счет энергии гравитационного сжатия, которая разогревает центральную область звезды до температуры 10—15 млн. К и «запускает» термоядерную реакцию преобразования водорода в гелий. Именно термоядерная реакция является источником собственного свечения звезд.

С момента начала термоядерной реакции, превращающей водород в гелий, звезда типа нашего Солнца переходит на так называемую *главную последовательность,* в соответствии с которой будут изменяться с течением времени характеристики звезды: ее светимость, температура, радиус, химический состав и масса. После выгорания водорода в центральной зоне у звезды образуется гелиевое ядро. Водородные термоядерные реакции продолжают протекать, но только в тонком слое вблизи поверхности этого ядра. Ядерные реакции перемещаются на периферию звезды. Выгоревшее ядро начинает сжиматься, а внешняя оболочка — расширяться. Оболочка разбухает до колоссальных размеров, внешняя температура становится низкой, и звезда переходит в *стадию красного гиганта.* С этого момента звезда выходит на завершающий этап своей жизни. Наше Солнце это ждет примерно через 8 млрд. лет. При этом его размеры увеличатся до орбиты Меркурия, а может быть, и до орбиты Земли, так что от планет земной группы ничего не останется (или останутся оплавленные камни).

Для красного гиганта характерна низкая внешняя, но очень высокая внутренняя температура. При этом в термоядерные процессы включаются все более тяжелые ядра, что приводит к синтезу химических элементов и непрерывной потере красным гигантом вещества, которое выбрасывается в межзвездное пространство. Так, только за один год Солнце, находясь в стадии красного гиганта, может потерять одну миллионную часть своего веса. Всего за десять — сто тысяч лет от красного гиганта остается лишь центральное гелиевое ядро, и звезда становится *белым карликом.* Таким образом, белый карлик как бы вызревает внутри красного гиганта, а затем сбрасывает остатки оболочки, поверхностных слоев, которые образуют планетарную туманность, окружающую звезду.

Белые карлики невелики по своим размерам — их диаметр даже меньше диаметра Земли, хотя их масса сравнима с солнечной. Плотность такой звезды в миллиарды раз больше плотности воды. Кубический сантиметр его вещества весит больше тонны. Тем не менее, это вещество является газом, хотя и чудовищной плотности. Вещество, из которого состоит белый карлик, — очень плотный ионизированный газ, состоящий из ядер атомов и отдельных электронов.

В белых карликах термоядерные реакции практически не идут, они возможны лишь в атмосфере этих звезд, куда попадает водород из межзвездной среды. В основном эти звезды светят за счет огромных запасов тепловой энергии. Время их охлаждения — сотни миллионов лет. Постепенно белый карлик остывает, цвет его меняется от белого к желтому, а затем — к красному. Наконец, он превращается в *черный карлик* — мертвую холодную маленькую звезду

размером с земной шар, который невозможно увидеть из другой планетной системы.

Несколько иначе развиваются более массивные звезды. Они живут всего несколько десятков миллионов лет. В них очень быстро выгорает водород, и они превращаются в *красные гиганты* всего за 2,5 млн. лет. При этом в их гелиевом ядре температура повышается до нескольких сотен миллионов градусов. Такая температура дает возможность для протекания реакций углеродного цикла (слияние ядер гелия, приводящее к образованию углерода). Ядро углерода, в свою очередь, может присоединить еще одно ядро гелия и образовать ядро кислорода, неона и т.д. вплоть до кремния. Выгорающее ядро звезды сжимается, и температура в нем поднимается до 3—10 млрд. градусов. В таких условиях реакции объединения продолжаются вплоть до образования ядер железа — самого устойчивого во всей последовательности химического элемента. Более тяжелые химические элементы — от железа до висмута также образуются в недрах красных гигантов, в процессе медленного захвата нейтронов. При этом энергия не выделяется, как при термоядерных реакциях, а, наоборот, поглощается. В результате сжатие звезды все убыстряется.

Образование же наиболее тяжелых ядер, замыкающих таблицу Менделеева, предположительно происходит в оболочках взрывающихся звезд, при их превращении в новые или сверхновые звезды, которыми становятся некоторые красные гиганты. В зашлакованной звезде нарушается равновесие, электронный газ более не способен противостоять давлению ядерного газа. Наступает *коллапс* — катастрофическое сжатие звезды, она «взрывается внутрь». Но если отталкивание частиц или какие-либо другие причины все же останавливают этот коллапс, происходит мощный взрыв — вспышка *сверхновой звезды.* Одновременно при этом в окружающее пространство сбрасывается не только оболочка звезды, но и до 90% ее массы, что приводит к образованию газовых туманностей. При этом светимость звезды увеличивается в миллиарды раз. Так, был зафиксирован взрыв сверхновой звезды в 1054 г. В китайских летописях было записано, что она видна днем, как Венера, в течение 23 дней. В наше время астрономы выяснили, что эта сверхновая звезда оставила после себя Крабовидную туманность, являющуюся мощным источником радиоизлучения.

Взрыв сверхновой звезды сопровождается выделением чудовищного количества энергии. При этом рождаются космические лучи, намного повышающие естественный радиационный фон и нормальные дозы космического излучения. Так, астрофизики подсчитали, что примерно раз в 10 млн. лет сверхновые звезды вспыхивают в непосредственной близости от Солнца, повышая естественный фон в 7 тысяч раз. Это чревато серьезнейшими мутациями

живых организмов на Земле. Кроме того, при взрыве сверхновых идет сброс всей внешней оболочки звезды вместе с накопившимися в ней «шлаками» — химическими элементами, результатами деятельности нуклеосинтеза. Поэтому межзвездная среда сравнительно быстро обретает все известные на сегодняшний день химические элементы тяжелее гелия. Звезды следующих поколений, в том числе и Солнце, с самого начала содержат в своем составе и в составе окружающего их газопылевого облака примесь тяжелых элементов.

6.5. Дальнейшее усложнение вещества во Вселенной

Хотя появление крупномасштабных структур во Вселенной привело к образованию множества разновидностей галактик и звезд, среди которых есть совершенно уникальные объекты, все же с точки зрения дальнейшей эволюции Вселенной особое значение имело появление звезд — красных гигантов. Именно в этих звездах в ходе процессов звездного нуклеосинтеза появилось большинство элементов таблицы Менделеева. Это открыло возможность для новых усложнений вещества. В первую очередь, появилась возможность образования планет и появления на некоторых из них жизни и, возможно, разума. Поэтому образование планет стало следующим этапом в эволюции Вселенной.

Состав Солнечной системы

Солнце — наша звезда. Солнечная система включает Солнце, девять планет со спутниками, а также пояс астероидов, кометы и метеориты.

Солнце — звезда среднего размера, его радиус составляет около 700 тыс. км, температура на поверхности — около 6000°С. Солнце относится к числу рядовых звезд нашей Галактики (желтый карлик) и расположено ближе к ее краю в одном из спиралевидных рукавов. Солнечная система обращается вокруг Галактики со скоростью около 220 км/с. При этом одновременно оно совершает один оборот вокруг центра Галактики за 250 млн. лет. Данный период называют *галактическим годом.*

Солнце представляет собой плазменный шар со средней плотностью 1,4 г/см^3, окруженный так называемой *короной,* которую можно наблюдать. Активность Солнца циклична, периодичность циклов составляет 11 лет. Источником солнечной энергии являются термоядерные реакции превращения водорода в гелий, которые происходят в его недрах. Солнце состоит из водорода, гелия и

других элементов, соотношение которых изменяется от поверхности к ядру. В верхних слоях содержится около 90% водорода и около 10% гелия. Ядро состоит из водорода лишь на 37%. Соотношение между водородом и гелием с течением времени изменяется в пользу гелия, поскольку уже в течение 4,5 млрд. лет на Солнце протекают термоядерные реакции, превращающие ядра водорода в ядра гелия. Ежесекундно при температуре около 15 млн. градусов 600 млн. т ядер водорода, сливаясь, образуют ядра гелия, при этом 4,3 млн. т трансформируются в лучистую энергию, освещающую всю Солнечную систему. При сохранении таких темпов выгорания водорода Солнце будет светить с той же интенсивностью еще 5—6 млрд. лет, после чего оно превратится в красный гигант, а затем в белого карлика. После этого вновь возможна вспышка термоядерного синтеза, после которого звезда превратится в холодное темное тело — *черный карлик.*

Планеты Солнечной системы. Крупнейшими после Солнца объектами Солнечной системы являются планеты и их спутники. Считается, что все планеты Солнечной системы возникли одновременно примерно 4,6 млрд. лет назад. В современной космогонии доминирует *концепция холодного начального состояния планет,* которые под влиянием электромагнитных и гравитационных сил образовались в результате объединения твердых частиц газопылевого облака, окружавшего Солнце.

Все планеты Солнечной системы можно разделить на две группы: 1) планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) и 2) планеты земного типа (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Плутон). Оба типа планет отличаются друг от друга по химическому составу. Так, в составе твердых оболочек Юпитера и Сатурна преобладают водород и гелий, эти планеты по химическому составу близки к Солнцу. Планеты земной группы в этом смысле резко отличаются от Солнца, поскольку наиболее распространенными элементами в их составе являются железо, кислород, кремний и магний.

Строение всех планет Солнечной системы слоистое. Слои различаются по плотности, химическому составу и другим физическим характеристикам. В недрах планет происходит радиоактивный распад элементов. Поверхность планет формируется под действием двух типов факторов: эндогенных и экзогенных. *Эндогенные факторы* — это процессы, происходящие в ядре планеты и меняющие ее внешний облик: перемещения участков коры, вулканические извержения, горообразование и т.п. *Экзогенные факторы* связаны с внешними воздействиями: химические реакции при соприкосновении с атмосферой, изменения под воздействием ветра, падение метеоритов и т.п.

В настоящее время в составе Солнечной системы насчитывается девять планет, которые расположены в следующем порядке от

Солнца: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон. Между Марсом и Юпитером находится кольцо астероидов, которые движутся вокруг Солнца. Сейчас ученым известно около 2000 астероидов. Расстояние от центра Солнечной системы до последней ее планеты — Плутона — составляет примерно 5,5 световых лет.

Размеры планет значительно меньше Солнца. Некоторые планеты Солнечной системы имеют собственные спутники: Земля и Плутон — по одному, Марс и Нептун — по два, Уран — пять, у Сатурна, по последним данным, — 32 спутника, а у Юпитера — 39. Все планеты Солнечной системы, а также их спутники освещаются солнечным светом и именно поэтому могут наблюдаться учеными.

В современном естествознании каждая из планет характеризуется девятью основными параметрами. К ним относятся расстояние от Солнца, период обращения вокруг Солнца, период обращения вокруг своей оси, средняя плотность, диаметр экватора в километрах, относительная масса, температура поверхности, число спутников, преобладание газа в атмосфере.

Ближайшей к Солнцу планетой является *Меркурий,* который состоит из большого железного ядра, расплавленной каменистой мантии и твердой коры. По внешнему виду Меркурий напоминает Луну. Его поверхность испещрена кратерами. Сила тяжести на планете в два раза меньше земной, поэтому атмосфера практически отсутствует, газы могут свободно покидать планету. Температура на Меркурии — от +350°С на освещенной Солнцем (дневной) стороне до — 170°С на ночной.

Венера по размерам, массе и плотности сходна с Землей. Однако она имеет очень плотную атмосферу, пропускающую солнечное излучение внутрь и не выпускающую его обратно. Поэтому на Венере давно действует парниковый эффект, который начинает отмечаться сейчас и на Земле. В результате парникового эффекта температура поверхности Венеры составляет 400—500°С. Венера, как и Меркурий, состоит из металлического (железоникелевого) ядра, расплавленной мантии и твердой коры. Поверхность Венеры представляет собой знойную пустыню с небольшими низинами и нагорьями высотой до 3 км.

Отличительной особенностью *Марса* является высокое содержание железа и окислов других металлов в поверхностном слое. Поэтому его поверхность имеет вид красной каменистой пустыни, окутанной тучами красного песка. Наряду с абсолютно плоскими пустынями на Марсе есть горные хребты, глубокие каньоны, огромные вулканы. Крупнейший марсианский вулкан — пик Олимп — имеет диаметр 700 км и высоту 26 км. На Марсе существуют также полярные шапки, состоящие из сухого льда (замерзшего углекисло-

го газа). Обнаруженные русла высохших рек свидетельствуют о теплом климате, существовавшем на этой планете ранее.

Юпитер — самая крупная планета Солнечной системы. Вместе со своими 16 спутниками он составляет Солнечную систему в миниатюре. Масса Юпитера в три раза превосходит массу всех остальных планет Солнечной системы и в 318 раз больше массы Земли. В центре Юпитера находится небольшое каменное ядро. Его окружает вначале слой металлического водорода, по свойствам напоминающего жидкий металл, затем слой жидкого водорода. Плотная атмосфера Юпитера состоит из водорода, гелия, метана и аммиака и по толщине в 8—10 раз превосходит земную атмосферу. Быстрое вращение Юпитера вокруг своей оси вызывает мощные ветры и вихри на его поверхности. По этой же причине сутки на Юпитере длятся всего 10 часов.

Сатурн широко известен своими кольцами, которые состоят из огромного количества кусков льда различного размера — от пылинок до глыб. Эта планета имеет самую низкую плотность среди всех планет Солнечной системы. Его небольшое ядро изо льда и камня окружено слоями металлического и жидкого водорода. В атмосфере Юпитера бушуют ветры, скорость которых достигает 1800 км/ч.

Уран и *Нептун* — более далекие и хуже изученные планеты. Они имеют более высокую плотность, чем Сатурн, поэтому на них больше веществ тяжелее водорода и гелия. Эти планеты имеют ядра диаметром 16 000 км, которые окружены мантиями, состоящими изо льда. Далее идут газовые оболочки, состоящие из водорода с примесью метана. Уран и Нептун так же, как и Сатурн, имеют спутники, но о них нам почти ничего не известно.

Плутон — самая далекая малая планета, не входящая в семейство газовых гигантов. Его размеры сопоставимы с размерами Луны. Температура на поверхности Плутона составляет всего 50 К, поэтому все газы, кроме водорода и гелия, там выморожены. Считается, что поверхность планеты состоит из метанового льда. В 1978 г. был открыт спутник Плутона — Харон. Так же, как и Земля с Луной, Платон и Харон образуют двойную планетную систему. Интересно, что масса Харона составляет 1/10 массы Плутона, это самый высокий показатель в Солнечной системе.

Кометы, астероиды и метеоры. Помимо девяти крупных планет в Солнечной системе имеется огромное множество мелких спутников, называемых астероидами, кометами и метеорами. Большинство из них находится в поясе астероидов, между орбитами Марса и Юпитера.

Астероиды представляют собой малые планеты, имеющие в поперечнике диаметр до 1000 км. Всего в астрономических каталогах зафиксировано более 6000 малых планет. Из них самой крупной

является планета Церера. Сталкиваясь друг с другом, астероиды дробятся на метеориты.

Помимо астероидов, движущихся по орбитам, Солнечную систему пересекают кометы. В переводе на русский слово «комета» означает «хвостатая звезда». Комета состоит из головы, небольшого плотного ядра и хвоста длиной в десятки миллионов километров. Ядра комет имеют размеры несколько километров и состоят из каменных и металлических образований, заключенных в ледяную оболочку из замерзших газов. Согласно современным данным, кометы являются побочными продуктами формирования планет-гигантов. Кометы живут сравнительно недолго: от нескольких столетий до нескольких тысячелетий, со временем они рассыпаются, оставляя после себя облака космической пыли.

Кроме астероидов и комет в межпланетном пространстве беспорядочно двигаются небольшие небесные тела, которые довольно часто попадают в земную атмосферу. Самые мелкие из них — *метеоры* — имеют массу от нескольких десятков килограммов до нескольких граммов, более крупные — метеориты — достигают нескольких десятков тонн. Большинство из них полностью сгорает в верхних слоях атмосферы на высоте 40—70 км, а самые крупные могут достигать земной поверхности, оставляя на ней кратеры.

Образование Солнечной системы

До настоящего времени вопрос о происхождении Солнечной системы не получил своего точного научного описания. Тем не менее достоверно известно, что Солнечная система образовалась примерно 5 млрд. лет назад, причем Солнце — звезда второго (или еще более позднего) поколения. Так что Солнечная система возникла на продуктах жизнедеятельности звезд предыдущего поколения, скапливавшихся в газопылевых облаках.

Гипотеза X. Альвена и С. Аррениуса. На протяжении XX в. выдвигался целый ряд противоречащих друг другу гипотез о происхождении Солнца и Солнечной системы, из которых наиболее убедительной и популярной стала гипотеза шведских астрономов X. Альвена и С. Аррениуса. Они исходили из предположения, что в природе существует единый механизм планетообразования, действие которого проявляется и в случае образования планет около звезды, и в случае появления планет-спутников около планеты. Для объяснения - этого механизма они привлекают совокупность различных сил — гравитацию, магнитогидродинамику, электромагнетизм, плазменные процессы.

Альвен и Аррениус отказались от традиционного допущения об образовании Солнца и планет из одного массива вещества в одном

нераздельном процессе. Они считают, что сначала из газопылевого облака возникло первичное тело — звезда, а затем к нему из другого газопылевого облака, через которое по своей орбите двигалось Солнце, поступил материал для образования вторичных тел. Таким образом, к моменту, когда начали образовываться планеты, центральное тело системы уже существовало. К такому выводу исследователи пришли в результате многолетнего изучения изотопного состава вещества метеоритов, Солнца и Земли. При этом были обнаружены отклонения в изотопном составе ряда элементов, содержащихся в метеоритах и земных породах, от изотопного состава тех же элементов на Солнце. Это говорит о различном происхождении этих элементов. Отсюда следует, что основная масса вещества Солнечной системы поступила из одного газопылевого облака, и из него образовалось Солнце. Значительно меньшая часть вещества, не превышающая 0,15 массы Солнца, с другим изотопным составом поступила из другого газопылевого облака, и она послужила материалом для формирования планет и метеоритов. Если бы масса этого облака была больше, оно аккумулировалось бы не в систему планет, а в звездообразный спутник Солнца.

Чтобы образовать планетную систему, звезда должна обладать рядом признаков:

- мощным магнитным полем, величина которого превышает определенное критическое значение;
- пространство в окрестностях звезды должно быть заполнено разреженной плазмой, создающей солнечный ветер.

Молодое Солнце, предположительно обладавшее значительным магнитным моментом, имело размеры, превышавшие нынешние, но не доходившие до орбиты Меркурия. Его окружала гигантская сверхкорона, представлявшая собой разреженную намагниченную плазму. Как и в наши дни, с поверхности Солнца вырывались протуберанцы, но выбросы тех лет имели протяженность в сотни миллионов километров и достигали орбиты современного Плутона. Токи в них оценивались в сотни миллионов ампер и более. Это способствовало стягиванию плазмы в узкие каналы. В них возникали разрывы, пробои, откуда разбегались мощные ударные волны, уплотнявшие плазму на пути их следования. Плазма сверхкороны быстро становилась неоднородной и неравномерной.

Когда молодое Солнце начало свое прохождение через газопылевое облако, мощное гравитационное воздействие звезды начало притягивать поток газовых и пылевых частиц, послуживших материалом для образования вторичных тел. Поступавшие из внешнего резервуара нейтральные частицы вещества под действием гравитации падали к центральному телу. Но при этом они попадали в сверхкорону Солнца. Там они ионизировались, и в зависимости от

химического состава тормозились на разных расстояниях от центрального тела. Таким образом, с самого начала имела место дифференциация допланетного облака по химическому и весовому составу. В конечном счете, выделились три-четыре концентрические области, плотность частиц в которых примерно на семь порядков превышала их плотности в промежутках. Это объясняет тот факт, что вблизи Солнца располагаются планеты земной группы, которые при относительно малых размерах имеют высокую плотность (от 3 до 5,5 г/см^3), а планеты-гиганты — намного меньшие плотности (1-2 г/см^3).

Сверхкорона, по мере накопления в ней выпадающего вещества, начинала отставать в своем вращении от вращения центрального тела. Стремление выровнять угловые скорости тела и короны заставляли плазму вращаться быстрее. Но это происходило за счет замедления вращения центрального тела. Ускорение плазмы увеличивало центробежные силы, оттесняя их от звезды. Между центральным телом и плазмой образовалась область с очень низкой плотностью вещества. Таким образом, создалась благоприятная обстановка для конденсации нелетучих веществ путем их выпадения из плазмы в виде отдельных зерен. Эти зерна получали от плазмы импульс и, двигаясь по орбитам будущих планет, уносили с собой часть момента количества движения в Солнечной системе. Сегодня на долю планет, суммарная масса которых составляет только 0,1% массы всей системы, приходится 99% суммарного момента количества движения.

Множественные соударения между зернами приводили к их агрегации в большие группы. Затем эти зерна слипались в зародышевые ядра, к которым продолжали прилипать частицы, и они постепенно разрастались до крупных тел — *планетезималий.* Сталкиваясь друг с другом, планетезималии образовывали допланетные тела. Их первоначальное количество оценивается во множество миллионов. Образование планетезималий продолжалось десятки тысяч лет. Формирование же самих планет заняло от 10^5 до 10^8 лет. Столкновение планетезималий друг с другом привело к тому, что наиболее крупные «з них начали еще более увеличиваться в размерах, вследствие чего и образовались планеты. А как только планетные тела оформились настолько, что возле них появилось достаточно сильное собственное магнитное поле, то начался процесс образования спутников, в миниатюре повторяющий то, что произошло при образовании самих планет.

Так, в теории Альвена и Аррениуса пояс астероидов — это струйный поток, в котором из-за нехватки выпавшего вещества процесс планетообразования прервался на стадии планетезималий. Метеориты и кометы, согласно данной модели, формировались на

окраине Солнечной системы, за орбитой Плутона. В отдаленных от Солнца областях существовала слабая плазма. В ней механизм выпадения вещества еще работал, но струйные потоки, в которых рождаются планеты, образоваться уже не могли. Слипание выпавших там частиц привело к единственно возможному результату — образованию кометных тел.

6.6. Проблема существования и поиска внеземных цивилизаций

Эволюция Вселенной привела к образованию планет, на некоторых из них могут появиться жизнь и разум. Для этого нужны разнообразные химические элементы, которые могут объединяться в молекулы разных уровней сложности. Причины, заставляющие атомы объединяться в молекулы, известны науке достаточно хорошо.

В основе этих процессов лежат химические силы, за которыми скрывается одна из фундаментальных сил природы — электромагнитное взаимодействие. Процессы соединения атомов в молекулы широко распространены во Вселенной. В межзвездной среде, где концентрация вещества ничтожно мала, тем не менее, обнаруживаются молекулы водорода. Там же встречаются мельчайшие пылинки, в их основе — кристаллики льда или углерода с примесью гидратов разных соединений. Молекулярный водород вместе с гелием образуют газопылевые облака. Но самое интересное, с чем столкнулись наблюдатели, — это неожиданно большое присутствие в космосе разнообразных органических молекул, вплоть до таких сложных, как молекулы аминокислот. В межзвездных облаках насчитали более 50 видов органических молекул. Еще удивительнее, что органические молекулы находят во внешних оболочках некоторых не очень горячих звезд и в сложных соединениях, температура которых незначительно отличается от температуры абсолютного нуля. Таким образом, синтез молекул, в том числе органических, распространенное и вполне обыденное явление в космосе.

В связи с этим возникает вопрос, способно ли усложнение вещества достигнуть самых высоких уровней вне планет, в межзвездной среде или в оболочках не очень горячих звезд. Иначе говоря, возможна ли там жизнь? Существует ли жизнь на других планетах? Данная тема неоднократно обыгрывалась в научно-фантастических произведениях, однако современная наука не позволяет дать ни положительного, ни отрицательного ответа на этот вопрос. Пока мы знаем только один вариант жизни в Космосе — на Земле, хотя вопрос о том, одиноки ли мы во Вселенной, волнует не только уче-

ных, но и обычных людей. Не случайно тема контакта с иным разумом — один из излюбленных сюжетов научно-фантастических романов. Кроме того, постоянно появляются люди, утверждающие, что они видели НЛО, контактировали с инопланетянами и т.д.

Представления о том, что Вселенная обитаема, были широко распространены в древности. Так, античные философы Анаксагор, Демокрит, Лукреций Кар считали, что, поскольку Космос образован из одной субстанции (например, из атомов) и подчиняется единому закону — Логосу, то в разных частях Космоса, как и на Земле, должна возникать жизнь. Позже аналогичные аргументы использовал Д. Бруно, выдвигая свою идею о множественности миров. Но до XX в. вопрос о возможности жизни на других планетах звучал настолько фантастично, что серьезными учеными практически не обсуждался. Лишь в XX в. о распространенности жизни и разума во Вселенной заговорили всерьез, и это были не умозрительные рассуждения, а подкрепленные точными расчетами выводы. Среди тех, кто сыграл выщающуюся роль в утверждении новых взглядов на эту проблему, были К.Э. Циолковский, В. И. Вернадский, П. Тейяр де Шарден и другие крупнейшие ученые и философы.

Поиск внеземных цивилизаций

Особенно остро вопрос о поиске внеземных цивилизаций — обществах разумных существ, которые могут возникать и существовать вне Земли, встал во второй половине XX в. в связи с выходом человека в космос. Стала ясна принципиальная возможность космических полетов не только внутри Солнечной системы, но и за ее пределы (к сожалению, в наши дни такие полеты пока невозможны из-за отсутствия надлежащей технической базы). На этом основании заговорили не только о полетах человека в космос, но и о возможном посещении нашей планеты представителями других цивилизаций. Следы посещений инопланетных существ являются предметом поиска многих энтузиастов от науки.

На волне этого энтузиазма в 60-х гг. XX в. появились первые международные программы, ставящие своей целью поиск и контакт с внеземными цивилизациями — SETI (поиск внеземных цивилизаций) и CETI (связь с внеземными цивилизациями). А в 1982 г. Международный астрономический союз организовал специальную комиссию по этой проблеме. Основным направлением работы данной комиссии и международных программ стали поиск радиосигналов от других цивилизаций и отправка собственных сообщений.

Эти исследования в основном велись и ведутся на волне в 21 см, так как считается, что она должна быть известна всем цивилизациям как излучение нейтрального межзвездного водорода. На этой

длине волны ученые всего мира ведут исследование распределения водорода в Галактике и других галактиках. Поэтому считается, что если сигнал будет послан на этой волне, то велика вероятность его обнаружения.

Правда, сегодня ученые сомневаются в том, что внеземные цивилизации хотят вступить с нами в контакт. Поэтому И.С. Шкловский предложил искать сигналы внеземных цивилизаций по непреднамеренному радиоизлучению, которое может создаваться телевидением, радиолокацией и внутренней связью в своей системе. Так, несущая частота современного земного телевидения может быть обнаружена на расстоянии до 10 световых лет, а излучение мощных локаторов — на расстоянии до 30 световых лет.

Еще одним направлением поиска внеземных цивилизаций стал поиск следов их астроинженерной деятельности. Долгое время среди ученых господствовала идея о том, что высокоразвитые цивилизации должны располагать практически неограниченными источниками энергии, распоряжаясь полностью не только энергией своего солнца, но и энергией в масштабах всей своей галактики. Поэтому следы деятельности таких цивилизаций должны быть хорошо заметны. Ведь они могут делать все, что не запрещено законами природы: создавать гигантские «эфирные города» и сферы Дайсона, перерабатывая при этом планетное вещество и сооружая сферу вокруг своего солнца, чтобы не терять энергии его излучения; перемещать планеты и звезды, взрывать ненужные звезды и зажигать новые.

Поиск следов пребывания представителей внеземных цивилизаций на Земле — еще одно направление работы. Предполагалось, что в нашей Галактике должно существовать большое число старых цивилизаций, начавших свое развитие за несколько миллиардов лет до появления жизни на Земле. В связи с этим считалось, что Земля могла неоднократно посещаться представителями этих цивилизаций в прошлом, и поэтому достаточно активно велись поиски следов таких посещений, а также их возможного влияния на развитие земных цивилизаций.

И, наконец, ученых не оставляла надежда на возможный прилет представителей внеземных цивилизаций в наше время.

Научный анализ проблемы внеземных цивилизаций

С позиций современной науки предположение о возможности существования внеземных цивилизаций имеет под собой основания. Физика и астрономия установили факт тождественности физических законов во всей видимой части Вселенной. Астрономия показала, что наше Солнце — обычная звезда, желтый карлик, ка-

ких много в нашей Галактике. Галактика, в свою очередь, также является типичным объектом во Вселенной. Кроме того, нам известны механизмы появления разнообразных химических элементов в результате звездного нуклеосинтеза, проходившего в звездах первого поколения. Поэтому звезды второго и третьего поколений появлялись в разных местах Вселенной, многие из них должны были создать собственные планетные системы, на некоторых планетах могла появляться и развиваться жизнь.

Разумеется, физические и химические условия в разных уголках Вселенной очень разные. Мы сегодня не знаем, возможны ли иные формы жизни, отличные от тех, которые появились у нас на Земле. Если мы будем считать, что жизнь в любом уголке Вселенной должна быть похожей на земные формы, то мы можем определить необходимые для нее условия. К их числу, в частности, относятся:

- возникновение звезд второго поколения возле старых звезд при условии, что возле них есть остатки тяжелых элементов, оставшиеся после взрывов сверхновых звезд первого поколения;
- соответствующие температурные условия на планете, исключающие слишком высокие или слишком низкие температуры;
- масса планеты, достаточная для того, чтобы планета не потеряла свою атмосферу, но при этом не слишком большая, иначе у нее останется первичная водородная и гелиевая атмосфера;
- наличие жидкой оболочки на поверхности планеты, так как жизнь, скорее всего, зародилась в воде.

Таким образом, планета, на которой может зародиться жизнь, должна по своим характеристикам быть похожа на Землю. Конечно, таких планет не может быть очень много, ведь и в нашей Солнечной системе лишь одна такая планета. Тем не менее, примерное число планет, на которых не просто появилась жизнь, но и развилась до уровня появления высокоразвитой цивилизации, сегодня известно. Безусловно, эти оценки весьма приблизительны, все они очень неопределенны и носят субъективный характер. Тем не менее, оптимисты считают, что у 1—2% звезд в Галактике могут быть планетные системы, на которых появилась жизнь, а затем и цивилизация. По самым оптимальным оценкам, таких звезд не более 1 млрд. Пессимисты же считают, что подобные звезды будут еще более редкими.

Редкость внеземных цивилизаций может быть одной из причин, почему мы не фиксируем их существование. Другой причиной может являться недостаток наблюдаемых данных. Кроме того, мы можем не осознавать, что получаемые нами сигналы имеют искусственное происхождение. В таком случае неверны наши исходные теоретические представления о внеземных цивилизациях и их возможностях. Также существует предположение, что жизнь в космосе

не является уникальным явлением, кроме того она возникла в разных местах Вселенной примерно в одно и то же время, около 4 млрд. дет назад. Тогда во Вселенной нет слишком большой разницы в технических уровнях развившихся цивилизаций, и искать следы этих цивилизаций просто бессмысленно, так как их еще нет. Возможно, правы те ученые, которые утверждают, что цивилизации, достигшие в своем развитии технологической фазы, быстро гибнут от загрязнения окружающей среды или от ядерной войны. И, конечно, могут быть правы скептики, говорящие об уникальности жизни во Вселенной, считающие, что жизнь и разум появились только на нашей планете.

Тем не менее, поиск следов внеземных цивилизаций не прекращается. Более того, ученые думают о том, как передать этим цивилизациям информацию о существовании земной цивилизации. Так, в 1974 г. с помощью американского радиотелескопа в Аресибо (Пуэрто-Рико) было направлено радиопослание в созвездие Геркулеса. Там есть несколько десятков звезд солнечного типа, а значит, есть шансы на существование разумной жизни. В этом послании были переданы числа 1 и 2, а также метки чисел; атомные номера водорода, углерода, азота и фосфора — химических элементов-органогенов; химические формулы для Сахаров и оснований в нук-леотидах ДНК; число нуклеотидов в ДНК; двойная спираль ДНК; человек, его рост и численность населения Земли; радиотелескоп, передавший послание, и его диаметр. Всего это послание содержало 1679 бит информации.

Информационные пластинки с записью звуковых и видеосигналов были также установлены на межпланетных станциях «Пионер-10», «Вояджер-1» и «Вояджер-2», запущенных в 1970-х гг. Сейчас эти станции уже покинули пределы Солнечной системы и летят в межзвездной среде. Правда, им потребуется не менее 80 тысяч лет, чтобы достичь ближайшей звезды. Поэтому шансы на то, что послания будут кем-то получены и прочитаны, ничтожны. Но надежда на это живет. Поэтому разрабатываются самые разные сценарии контактов. А население земного шара, благодаря многочисленным книгам и фильмам, готово признать факт существования иных форм жизни, встретиться с иным разумом. Насколько оправданы наши надежды — покажет будущее.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Болдинг К.* Большие проблемы Большого взрыва. Истоки, наука высших измерений. М., 1990.
2. *Бронштэн В.А.* Гипотезы о звездах и Вселенной. М., 1991.
3. *Вайнберг С.* Первые три минуты. М., 1981.

4. *Дэникен Э.* Воспоминания о будущем. СПб., 1992.
5. *Еремеева А.И.* Астрономическая картина мира и ее творцы. М., 1984.
6. *Зельдович Я.Б., Блинников СИ., Шакура Н.И.* Физические основы строения и эволюции звезд. М., 1981.
7. *Зигель Ф.Ю.* Неисчерпаемость бесконечности. М., 1984.
8. *Небел Б.* Наука об окружающей среде. Как устроен мир. М., 1993.
9. *Новиков И.Д.* Как взорвалась Вселенная М., 1988.
10. *Силк Д.* Большой взрыв. М., 1990.
11. *Проблемы* поиска жизни во Вселенной. М., 1986.
12. *Прошлое* и будущее Вселенной. М., 1986.
13. *Хокинг С.* От Большого взрыва до черных дыр. М., 1990.
14. *Пибблс Ф.* Структура Вселенной в больших масштабах. М., 1983
15. *Уитни Ч.* Открытие нашей Галактики. М., 1975.
16. *Шкловский И.С.* Вселенная, жизнь, разум. М., 1988.

Глава 7
Земля как предмет естествознания

7.1. Форма и размеры Земли

Комплекс наук о Земле

В настоящее время Земля является объектом изучения многих наук — от геологии и географии до экономики и политологии. В совокупности этих наук выделяются отраслевые науки, изучающие отдельные части вертикальной и горизонтальной структуры Земли (геология, климатология, почвоведение и др.), а также системные науки, синтезирующие в себе всю совокупность знаний о Земле для решения теоретических или прикладных проблем (география, физическая география, социально-экономическая география и др.).

Среди *отраслевых* наук особое развитие получили геология (наука о литосфере), гидрология (наука о гидросфере), климатология (наука об атмосфере), геофизика (наука о Земле как физическом теле), геохимия (наука о естественных химических процессах, протекающих в пределах Земли), геоморфология (наука о рельефе Земли), почвоведение (наука о почвах), биогеография (наука о распределении живого вещества на поверхности Земли).

К *системным* наукам относится география, синтезирующая знания отраслевых наук применительно к поверхности Земли. При этом география подразделяется на физическую, изучающую естественные природные комплексы, формирующиеся на поверхности Земли, и социально-экономическую, предметом которой являются социально-экономические комплексы, формирующиеся на поверхности Земли в результате освоения человеком территорий. В рамках этих наук с древности развивались представления о Земле, неразрывно связанные с историей представления об устройстве Вселенной в целом.

История развития представлений

Долгое время, пока господствовала мифологическая картина мира, Земля считалась плоским диском, стоящим на грех слонах,

китах или черепахе и покрытым сверху полукруглым небесным сводом. Лишь в VI в. до н.э. один из основоположников античной науки Пифагор высказал мысль о шарообразности Земли. То, что Земля имеет шарообразную форму, доказал Аристотель в IV в. до н.э. В качестве аргументов он использовал лунные затмения, которые происходят из-за того, что Земля, встав между Солнцем и Луной, отбрасывает на Луну круглую тень. Кроме того, было известно, что в южных странах на небе появляются созвездия, невидимые на севере. Так, постепенно утвердилось представление о том, что Земля — это шар, неподвижно висящий в центре Космоса без всякой опоры, а вокруг него вращаются по идеальным круговым орбитам Луна, Солнце и пять известных тогда планет. Неподвижные звезды замыкали сложившуюся в античности геоцентрическую модель мира.

В 300 г. до н.э. географ Эратосфен достаточно точно определил размеры земного шара. Он заметил, что в день летнего солнцестояния в городе Сиене Солнце находится в зените и освещает дно самого глубокого колодца. Затем он измерил угол падения солнечных лучей в тот же день в Александрии. Зная расстояние между городами, Эратосфен вычислил длину окружности земного шара.

Тем не менее, представления о шарообразности Земли во многом вытекали из чисто умозрительных рассуждений об идеальных телах. В античности такими телами считались шар, сфера, круг, а потому в гармоничном соразмерном Космосе Земля должна иметь форму самой совершенной фигуры — шара. Ничем другим она просто не могла быть.

Лишь с началом эпохи Великих географических открытий шарообразность Земли была подтверждена на опыте. В 1522 г. португальский мореплаватель Фернан Магеллан завершил первое кругосветное путешествие, в ходе которого он обогнул Землю и доказал наличие единого Мирового океана.

Казалось бы, вопрос о форме Земли можно было считать закрытым. Но в это же время было опровергнуто античное учение об идеальных телах. Поэтому встал вопрос, насколько близка форма Земли к идеальной сфере. К концу XVII в. сложились две точки зрения по этому вопросу. С одной стороны, И. Ньютон считал, что Земля имеет форму сфероида, несколько сплющенного у полюсов, вследствие ее вращения и действия сил притяжения составляющих ее масс (напоминает тыкву). С другой стороны, Р. Декарт, основываясь на теории вихрей, утверждал, что Земля сплющена у экватора и удлинена по направлению к полюсам (похожа на дыню).

Чтобы решить этот вопрос, надо было измерить кусочки дуг меридиана на разных широтах и посмотреть, как соотносятся расстояния, приходящиеся на один градус. В 1735 г. Парижская акаде-

мия наук отправила с этой целью две экспедиции: одну — в Перу, на экватор, а другую — в Лапландию, к полюсу. Восемь лет потребовалось ученым, чтобы измерить с помощью сосновых жердей с выверенной длиной в десять метров дугу длиной в три градуса восемь минут. Выяснилось, что чем ближе к полюсу, тем длиннее становился градус.

С тех пор форма Земли уточнялась еще несколько раз. С большой точностью ее удалось определить лишь в XX в. с помощью приборов, установленных на искусственных спутниках Земли. Сегодня точно известно, что Земля — не вполне правильный шар. Она немного сжата у полюсов и несколько вытянута к Северному полюсу. Эта фигура называется *геоидом.* Термин для обозначения фигуры Земли был введен в 1873 г. немецким физиком И. Листингом. Сжатие у полюсов объясняется вращением Земли вокруг своей оси. Вытянутость Земли к Северному полюсу до сих пор окончательного объяснения не получила.

Окружность Земли по экватору равна 40 075,7 км, окружность по меридиану — 40 008,5 км.

Масса Земли была вычислена на основе закона всемирного тяготения в опытах Г. Кавендиша с крутильными весами, на которых он измерял, с какой силой большой свинцовый шар притягивает к себе маленькие свинцовые шарики, а затем сравнивал эту силу с силой притяжения маленьких шариков Землей, т.е. с их весом. Этот опыт был поставлен в 1798 г. Масса Земли оказалась равной $5976 \cdot 10^{21}$ кг.

Поверхность Земли составляет приблизительно 510 млн. км^2, при этом на долю суши приходится 149 млн. км^2, или около 29%, так что правильнее было бы назвать нашу планету не Землей, а Океаном.

7.2. Земля среди других планет Солнечной системы

В последнее время среди многочисленных наук, изучающих нашу планету, появилась еще одна — *сравнительная планетология.* Она позволяет сопоставить данные о Земле с тем, что нам известно о других планетах Солнечной системы. Мы уже говорили, что в состав Солнечной системы входит девять планет. Они делятся на д в е группы:

1) внутренние планеты (планеты земной группы) — Меркурий, Венера, Земля, Марс;

2) внешние планеты (газовые гиганты) — Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон.

Отличия планет земной группы от газовых гигантов очевидны. Поэтому посмотрим, чем отличаются друг от друга внутренние пла-

неты. Среди них нет двух одинаковых планет. Они отличны по размерам, физико-химическим параметрам, строению недр и поверхностей, составом атмосфер. В основном эти различия обусловлены начальными условиями формирования планет — химическим составом, плотностью вещества в тех частях протопланетного облака, где эти планеты формировались, а также расстоянием от Солнца, резонансным взаимодействием с ним и другими планетами.

Из всех планет земной группы Земля — самая большая планета. Но как показывают оценки, даже такие размеры и масса оказываются минимальными, при которых планета способна удержать свою газовую атмосферу. Тем не менее, Земля теряет водород и другие легкие газы, что заметно по шлейфу, который тянется за нашей планетой. Венера почти равна по размерам и массе Земле, но она ближе к Солнцу и получает от него больше тепла. Поэтому она давно потеряла весь свой свободный водород. У остальных двух планет атмосфера либо вообще отсутствует (Меркурий), либо сохранилась в очень разреженном состоянии (Марс).

Из всех планет только Земля обладает сильным магнитным полем, на два порядка превосходящим значения магнитных полей у других планет. Как считают ученые, это одна из причин появления жизни на Земле.

Ни одна из планет не имеет развитой системы спутников, как у планет — газовых гигантов. Луна — спутник Земли, не вписывается ни в одну из современных гипотез образования Солнечной системы. Тем более, что Луна имеет планетные размеры (сравнимые с размерами Меркурия).

Различия в составе и плотности атмосферы

Важнейшей характеристикой любой планеты является наличие (или отсутствие) атмосферы. Три из четырех планет обладают заметной атмосферой. Атмосфера Земли кардинально отличается от атмосфер других планет: в ней мало углекислого газа, много молекулярного кислорода и паров воды. Это связано с тем, что вода морей и океанов Земли хорошо поглощает углекислый газ, а живое вещество биосферы планеты насыщает атмосферу кислородом, образующимся в процессе фотосинтеза. Подсчеты показывают, что если освободить всю поглощенную водой океанов углекислоту и одновременно убрать из атмосферы кислород, накопленный за счет жизнедеятельности растений, то состав земной атмосферы станет подобным составу атмосфер Венеры и Марса.

Относительно малые размеры Марса не позволили ему удержать плотную атмосферу. Тем не менее, раньше она была более плотной из-за процессов активного выделения газов из недр планеты. Тогда,

очевидно, условия на планете были более мягкими, без резких перепадов дневных и ночных температур. Сейчас же в разреженной атмосфере Марса возникают настолько мощные пылевые бури, что они поднимают массы песка на высоту многих километров, практически скрывая поверхность планеты от наблюдателей за непроницаемой пылевой завесой.

Венера, напротив, имеет очень плотную атмосферу, в основном состоящую из углекислого газа. Возникший в связи с этим парниковый эффект обусловил разогревание поверхности Венеры до огромных температур.

Наличие или отсутствие гидросферы

Близость Венеры к Солнцу способствовала быстрой потере планетой водорода, что, в свою очередь, привело к невозможности появления воды и снижению температуры на поверхности планеты до приемлемого уровня.

На Венере, таким образом, отсутствует гидросфера. Да и в атмосфере пары воды присутствуют в очень незначительном количестве. Причины этого до сих пор неизвестны. Тем не менее, существует предположение, что отсутствие гидросферы, очень медленное обратное вращение и отсутствие собственного магнитного поля у Венеры — все это следствия некоей общей причины, породившей различия в путях развития Венеры и Земли.

На Марсе в прошлом (примерно, миллиард лет назад) существовала гидросфера. А три миллиарда лет назад там, возможно, был океан. В наши дни вода на Марсе существует в виде инея и льда в полярных шапках этой планеты. Также вода должна быть на планете в слое вечной мерзлоты. Поэтому на Марсе может существовать жизнь, по крайней мере, простейшие ее формы.

Лишь на Земле гидросфера развита настолько хорошо, что существует в виде Мирового океана, занимающего большую часть поверхности нашей планеты.

Различия в рельефе

Существенно различаются также и рельефы планет земной группы. Это обусловлено различием вулканических и геологических процессов на них. Сегодня считается, что тектоническая активность может служить мерилом жизнеспособности планеты в целом. Если тектоническая деятельность отсутствует или значительно сокращается, то можно делать вывод об умирании планеты. Это связано с тем, что при тектонической деятельности идет активный обмен веществом и энергией между поверхностью и недрами планеты. При

этом формируется и поддерживается атмосфера, гидросфера и господствующие типы рельефа местности. С прекращением тектонической активности планета превращается в мертвое небесное тело, на котором преобладают процессы деградации.

В прошлом Земля отличалась большой геологической активностью. Однако и в наши дни для Земли характерна высокая тектоническая активность, а потому ее геологическая история далека от завершения. Это проявляется в периодически случающихся землетрясениях и извержениях вулканов, иногда носящих катастрофический характер. Поэтому современный рельеф Земли продолжает меняться. Огромную роль при этом играет воздействие не только эндогенных (тектонических), но и экзогенных процессов — гидро-сферных, атмосферных и биосферных. На других планетах подобное сочетание факторов отсутствует.

Рельеф земной поверхности отличается глобальной асимметрией. Она хорошо заметна при сравнении Северного и Южного полушарий. Одно из них в основном заполнено водой, в другом же сосредоточены поднятия коры, образующие континенты. То, что участки суши и моря асимметричны относительно центра Земли, хорошо заметно на глобусе.

Асимметричны не только рельефы, но и тепловые режимы Северного и Южного полушарий. Северное полушарие более теплое, чем Южное. Так, в Северном полушарии температура опускается до —70°С, а в Южном — до -90°С. Кроме того, в Южном полушарии расположен абсолютный полюс ветров (в Антарктиде) и «ревущие сороковые» широты — зона постоянных бурь и ураганов. Неодинаковы также тепловые режимы Западного и Восточного полушарий. Так, в Америке климат более умеренный, чем в Азии. Это связано с тем, что в Азии горные цепи расположены по параллелям и задерживают перемещение воздушных масс в направлении с юга на север. Поэтому значительная часть азиатской территории содержит многолетнемерзлые фунты. А в Восточной Сибири зимой обьино устанавливается устойчивый антициклон с низкими температурами. Кроме того, в Западном полушарии больше воды, чем в Восточном. Это также смягчает климат американского континента.

Рельефы Марса и Венеры формировались в иных условиях, чем на Земле. Отсутствие гидросферы исключает разделение на океанский и континентальный рельефы. Иначе проходила и тектоническая деятельность на этих планетах.

В наши дни на Марсе отсутствует вулканическая активность, хотя еще сто миллионов лет назад она была довольно бурной. От того времени сохранились конусы потухших вулканов, покрытая лавами большая часть поверхности планеты, а также характерные разломы и сбросы марсианской коры.

Одним из следствий затухания вулканической деятельности стало резкое сокращение поступления газов из недр планеты в атмосферу. А поскольку масса Марса недостаточна для удержания плотной атмосферы, она начала редеть. Все говорит о том, что геологическая эволюция Марса завершилась.

Поверхность Венеры в основном представляет собой равнину, на фоне которой выделяются две обширные горные области — Земля Иштар и Земля Афродиты. Их средняя высота над равниной составляет около 4 км, простираются они на несколько тысяч километров. Средний возраст исследованной территории Венеры оценивается в 1 млрд. лет. Процессы разрушения поверхностных структур, бурно протекающие на Земле, на Венере идут удивительно медленно: за миллиард лет разрушенный слой не превысил нескольких десятков метров. Такие темпы разрушения характерны для малых безатмосферных планет типа Меркурия. На Венере причинами такой стабильности являются отсутствие гидросферы, окислительной атмосферы, а также тектонической активности в наши дни.

Таким образом, утверждения о том, что Венера — молодая планета, только начинающая свою геологическую историю, неверны. Она уже миновала пору активного планетного развития и в этом отношении близка к Марсу. Сходство Венеры и Марса объяснимо — основным геологообразующим процессом на этих планетах была тектоническая активность.

В современную эпоху только Земля остается «живой» планетой, ее геологическое развитие продолжается. По-иному, чем на Марсе и Венере, протекают процессы в недрах Земли. На это указывает существование континентальной коры с гранитными породами и явно выраженных литосферных плит с их перемещениями.

Главным же отличием Земли от других планет является хорошо развитая биосфера. Вершиной эволюции жизни на нашей планете стал человек, обладающий разумом.

7.3. Образование Земли

В современном естествознании существует несколько противоречивых точек зрения, касающихся образования Земли как космического тела. Одну из них — гипотезу Альвена—Аррениуса мы рассматривали ранее.

Возраст Земли

Согласно современным космологическим представлениям, Земля образовалась примерно 4,5 млрд. лет назад. К такому выводу

ученые пришли в результате исследования возраста древнейших минералов и горных пород, а также на основе изучения процессов распада радиоактивных веществ. Кроме того, на данный возраст Земли указывают и материалы исследования метеоритов. Они относятся к числу наиболее изученных космических объектов и несут ценную научную информацию. Исследования метеоритов показывают, что возраст как железных, так и каменных метеоритов совпадает и составляет примерно 4,5—4,6 млрд. лет.

Схожие данные получены и при исследовании лунных пород. Образцы этих пород были доставлены на Землю как с помощью космических станций «Луна», так и экипажами американских космических кораблей «Аполлон». Оказалось, что возраст самых древних лунных образцов совпадает с возрастом самой Луны и составляет 4—4,5 млрд. лет. Значит, первичная лунная кора возникла вскоре после образования Луны, и отдельные участки этой коры сохранились до сегодняшнего дня. Такое совпадение данных для разных тел Солнечной системы не может считаться случайным, поэтому делается вывод о возрасте нашей планеты, равном примерно 4,5 млрд. лет. К этому времени завершилось формирование. При этом считается, что ее геологическая история составляет около 4 млрд. лет, из них 0,6 млрд. лет — это ранняя история Земли.

Древнейший период в истории нашей планеты, составляющий 5/6 всей геологической истории Земли, называется *докембрийским,* или *криптозойским.* Он делится на *архей* (закончился 3,5 млрд. лет назад) и *протерозой* (до 600 млн. лет назад). Последние 600 млн. лет называются *фанерозоем* и делятся на три эры: палеозой (240 млн. лет), мезозой (163 млн. лет) и кайнозой (67 млн. лет). Эти эры, в свою очередь, подразделяются на более мелкие периоды (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Геохронологическая шкала фанерозоя

Группа (эра)	*Система (период)*	*Начало, млн. лет назад*	*Продолжительность, млн. лет*
1	2	3	4
Кайнозойская (67 млн. лет)	Антропогеновая (четвертичная) Неогеновая Палеогеновая	1,5 25 67	1,5 23,5 42
Мезозойская (163 млн. лет)	Меловая Юрская Триасовая	137 195 230	70 58 35

Окончание табл. 7.1

1	2	3	4
Палеозойская	Пермская	285	55
(240 млн. лет)	Каменноугольная	350	75-65
	Девонская	410	60
	Силурийская	440	30
	Ордовикская	500	60
	Кембрийская	570	70 ■

Ранняя история развития Земли

Ранняя история развития Земли включает три фазы эволюции:

1) фазу аккреции (рождения);

2) фазу расплавления внешней сферы земного шара;

3) фазу первичной коры (лунную фазу).

Фаза аккреции представляла собой непрерывное выпадение на растущую Землю все большего количества крупных тел, укрупняющихся в своем полете при соударениях между собой, а также в результате притяжения к ним более удаленных мелких частиц. Кроме того, на Землю падали и самые крупные объекты — планетезима-лии, достигавшие в поперечнике многих километров. В фазу аккреции Земля приобрела примерно 95% современной массы. На это ушло около 17 млн. лет (правда, некоторые исследователи увеличивают этот срок до 400 млн. лет). При этом Земля оставалась холодным космическим телом, и только в конце этой фазы, когда началась предельно интенсивная бомбардировка ее крупными объектами, произошло сильное разогревание, а затем и полное расплавление вещества поверхности планеты.

Фаза расплавления внешней сферы земного шара наступила в промежутке 4—4,6 млрд. лет назад. В это время произошла общепланетарная химическая дифференциация вещества, которая привела к формированию центрального ядра Земли и обволакивающей его мантии. Позже образовалась земная кора.

В этой фазе поверхность Земли представляла собой океан тяжелой расплавленной массы с вырывающимися из него газами. В него продолжали стремительно падать мелкие и крупные космические тела, вызывая всплески тяжелой жидкости. Над раскаленным океаном нависало сплошь затянутое густыми тучами небо, с которого не могло упасть ни капли воды.

Лунная фаза — это время остывания расплавленного вещества поверхности Земли из-за излучения тепла в космос и ослабления метеоритной бомбардировки. Так образовалась первичная кора базальтового состава. Тогда же происходило образование гранитного

слоя материковой коры. Правда, механизм этого процесса до сих пор неясен.

В лунную фазу шло постепенное остывание поверхности Земли от температуры плавления базальтов, составляющей 800— 1000°С до 100°С. Когда температура опустилась ниже 100°С, из атмосферы выпала вся вода, покрывшая Землю. В результате сформировались поверхностные и грунтовые стоки, появились водоемы, в том числе и океан.

Геологическое развитие и строение Земли

Результатом геологического развития Земли стало формирование самых верхних оболочек — атмосферы, гидросферы и литосферы. Это произошло в результате остывания поверхности Земли и привело к образованию первичной базальтовой или близкой к ней по составу коры Земли. Почти одновременно за счет конденсации водяных паров образовалась водная оболочка планеты — гидросфера.

Образование и строение литосферы. Земная кора образована горными породами, имеющими различные формы залегания. Породы лежат горизонтальными слоями или нарушены разломами и смяты складками. Залегание горных пород чаще всего обусловлено внутренними (эндогенными) силами. Строение земной коры, созданное эндогенными процессами, называется *тектоническим строением,* или *тектоникой.*

Современный рельеф планеты складывался на протяжении многих сотен миллионов лет и продолжает видоизменяться под влиянием совместного действия на ее поверхности тектонических, гид-росферных, атмосферных и биологических процесов. Начало этому было положено около 3,5 млрд. лет назад, когда начали формироваться вулканические дуги. Формирование вулканических дуг происходило на первичной остаточной или вторичной коре, образованной при растяжении океанической коры над зонами подлезания (столкновения литосферных плит и подлезания их друг под друга с образованием вулканической дуги). В результате примерно 2,7—2,5 млрд. лет назад возникли значительные площади континентальной коры, которые, по-видимому, соединились в единый суперконтинент — первую Пангею в истории Земли. Толщина этой коры уже достигала современной толщины в 35—40 км. Ее нижняя часть под влиянием высоких давлений и температур испытывала значительные превращения, а на средних уровнях произошло выплавление больших масс гранита.

Следующий важный момент в развитии Земли имел место примерно 2,5 млрд. лет назад. Возникший на предыдущем этапе суперконтинент — первая Пангея — претерпел существенные изменения и 2,2 млрд. лет назад распался на отдельные, относительно неболь-

шие континенты, разделенные бассейнами с новообразованной океанической корой. Отдельные следы этих этапов тектоники плит можно обнаружить и сейчас. Первый этап (до возникновения Пангеи) принято называть *эмбриональной тектоникой плит,* а второй — *тектоникой малых плит.* К концу второго периода, около 1,7 млрд. лет назад, континенты вновь слились в единый суперконтинент. Образовалась Пангея-Н. Ее распад начался около 1 млрд. лет назад, хотя частичные разъединения и воссоединения могли иметь место и до этого.

В интервале 1—0,6 млрд. лет назад структурный план Земли претерпел радикальные изменения и существенно приблизился к современному. С этого момента началась *полномасштабная тектоника плит.* Она связана с тем, что литосфера Земли разделена на ограниченное число крупных (5 тыс. км) и средних (1 тыс. км) по размерам поперечника жестких и монолитных плит, которые расположены на более пластичной и вязкой оболочке — астеносфере. Литосферные плиты стали двигаться по астеносфере в горизонтальном направлении, образуя раздвижения и подлезания, которые в среднем компенсируют друг друга в масштабах планеты. Таким образом, в истории Земли как планеты неоднократно происходил процесс формирования и распада Пангеи. Длительность таких циклов составляет 500—600 млн. лет. На эту крупномасштабную периодичность накладывается периодичность меньших масштабов, связанная с растяжением и сжатием земной коры.

В результате тектонической активности рельеф земной поверхности сегодня характеризуется глобальной асимметрией двух полушарий (Северного и Южного): одно из них представляет собой гигантское пространство, заполненное водой. Это океаны, занимающие более 70% всей поверхности. В другом полушарии сосредоточены поднятия коры, образующие континенты. Глобальная асимметрия в строении поверхности нашей планеты была замечена давно, что позволило планетарный рельеф поделить на две основные области — океаническую и континентальную. Дно океанов и континенты отличаются друг от друга строением земной коры, химическим и петрографическим составом, а также историей геологического развития. Кора имеет повышенную мощность в области континентов и пониженную в областях океанического дна.

Средняя мощность континентальной коры — 35 км. Ее верхний слой богат гранитными породами, нижний — базальтовыми магмами. На дне океанов гранитный слой отсутствует, и земная кора состоит только из базальтового слоя. Ее мощность — 5—10 км. Кроме того, континентальная кора содержит больше радиоактивных элементов, генерирующих тепло, чем тонкая океаническая кора.

Земная кора, образующая верхнюю часть литосферы, в основном состоит из восьми химических элементов: кислорода, кремния, алю-

миния, железа, кальция, магния, натрия и калия. Половина всей массы коры приходится на кислород, который содержится в ней в связанном состоянии, главным образом, в виде окислов металлов.

Земная кора сложена горными породами различного типа и различного происхождения. Более 70% приходится на магматические породы, 20% — на метаморфические, 9% составляют осадочные породы.

Не следует забывать и о том, что поверхность Земли сложена из литосферных плит, число и положение которых менялось от эпохи к эпохе. Плита — это вся масса земной коры и подстилающей мантии, которые движутся как единое целое по поверхности Земли. Сегодня выделяют 8—9 больших плит и более 10 малых. Плиты медленно перемещаются горизонтально (глобальная тектоника плит). В районах рифтовых долин, где вещество мантии выносится наружу, плиты расходятся, а в местах, где горизонтальные смещения соседних плит оказываются встречными, они надвигаются друг на друга. Вдоль границ литосферных плит расположены зоны повышенной тектонической активности. При движении плит сминаются их края, образуя горные хребты или целые горные области. Океанические плиты, берущие свое начало в рифтовых разломах, наращивают толщину по мере приближения к континентам. Они уходят под островные дуги или континентальную плиту, увлекая за собой накопившиеся осадочные породы. Вещество погружающейся плиты достигает в мантии глубин до 500—700 км, где оно начинает плавиться.

Возникновение атмосферы и гидросферы. Составные части атмосферы и гидросферы Земли являются летучими веществами, которые появились в результате ее химической дифференциации. Согласно имеющимся данным, пары воды и газы атмосферы возникли в недрах Земли и поступили на ее поверхность в результате внутреннего разогрева совместно с наиболее легкоплавкими веществами первичной мантии в процессе вулканической активности.

Вода и углекислый газ как компоненты газопылевого облака долго пребывали в виде молекул, когда большая часть твердых конденсатов уже сформировалась. Поэтому оставшиеся газы в какой-то мере поглощались пылевыми частицами путем адсорбции и различных химических реакций. Так летучие вещества внедрились в планеты земного типа. Из недр Земли они поступают на поверхность в результате вулканической деятельности. Кроме того, как считают Альвен и Аррениус, уже в период бомбардировки Земли планетезималиями, когда шел разогрев и плавление земных пород, выделялись газы и пары воды, содержавшиеся в породах. При этом Земля теряла водород и гелий, *но* сохраняла более тяжелые газы. Таким образом, именно дегазация земных недр стала источником атмо-

сферы и гидросферы. По некоторым расчетам, от 65 до 80% общего количества летучих компонентов Земли выделилось в результате ударной дегазации.

Мировой океан возник из паров мантийного материала, и первые порции конденсированной воды были кислыми. Затем появились минерализованные воды, а собственно пресные воды образовались значительно позже в результате испарения с поверхности первичных океанов в процессе естественной дистилляции.

Проблема происхождения океана связана с проблемой происхождения не только воды, но и растворенных в ней веществ. Гидросфера Земли, как и атмосфера, также появилась в результате дегазации недр планеты. Материал океана и вещество атмосферы возникли из общего источника.

Океаническая вода представляет собой уникальный природный раствор, содержащий в среднем 3,5% растворенных веществ, что и обеспечивает соленость воды. В воде земных океанов содержится множество химических элементов. Среди них важнейшую роль играют натрий, магний, кальций, хлор, азот, фосфор, кремний. Эти элементы усваиваются живыми организмами, и их концентрация в морской воде контролируется ростом и размножением морских растений и животных. Большую роль в составе морской воды играют растворенные в ней природные газы — азот, кислород, углекислый газ, которые тесно связаны с атмосферой и живым веществом суши и моря.

Как считается сегодня, первичная атмосфера Земли по своему составу была близка к составу вулканических и метеоритных газов. Скорее всего, она напоминала современную атмосферу Венеры. На поверхность Земли поступали вода, углекислый газ, окись углерода, метан, аммиак, сероводород и др. Они и составили первичную атмосферу Земли. В целом первичная атмосфера имела восстановительный характер и была практически лишена свободного кислорода, хотя незначительные его доли образовывались в верхней части атмосферы в результате фотолиза воды.

Таким образом, состав первичной атмосферы Земли, возникшей в результате ударной дегазации и вулканической активности, весьма сильно отличался от состава современной атмосферы. Эти отличия связаны с наличием жизни на Земле, оказывающей самое существенное воздействие на все процессы, протекающие на нашей планете. Таким образом, химическая эволюция атмосферы и гидросферы проходила с неизменным участием живых организмов, причем ведущую роль при этом играли фотосинтезирующие зеленые растения.

Современная азотно-кислородная атмосфера — результат деятельности Жизни на Земле. То же можно сказать и о современном составе вод Мирового океана планеты. Поэтому сегодня на нашей

планете жизнь и преобразованная им окружающая среда образуют самостоятельную оболочку Земли — биосферу.

7.4. Геосферы Земли

Формирование Земли сопровождалось дифференциацией вещества, результатом которой явилось разделение Земли на концентрически расположенные слои — геосферы. Геосферы различаются химическим составом, агрегатным состоянием и физическими свойствами. В центре образовалось ядро Земли, окруженное мантией. Из наиболее легких компонентов вещества, выделившихся из мантии, возникла расположенная над мантией земная кора. Это так называемая «твердая» Земля, заключающая в себе почти всю массу планеты. Далее возникли водная и воздушная оболочки нашей планеты. Кроме того, Земля обладает гравитационным, магнитным и электрическими полями.

Таким образом, можно выделить ряд геосфер, из которых состоит Земля: ядро, мантия, литосфера, гидросфера, атмосфера, магнитосфера.

Кроме названных оболочек Земли, ниже мы будем рассматривать биосферу и ноосферу. Кроме того, в литературе можно встретить анализ и других оболочек — антропосферы, техносферы, со-циосферы, но их рассмотрение выходит за рамки естествознания.

Геосферы различаются, главным образом, плотностью составляющих их веществ. Самые плотные вещества сосредоточены в центральных частях планеты. Ядро составляет 1/3 массы Земли, кора и мантия — 2/3.

Все земные оболочки взаимосвязаны и проникают друг в друга. Гидросфера всегда присутствует в литосфере и атмосфере, атмосфера — в литосфере и гидросфере и т.д. С атмосферой, гидросферой и литосферой тесно связаны внутренние оболочки Земли. Кроме того, во всех оболочках, кроме мантии и ядра, присутствует биосфера.

Ядро Земли

Ядро занимает центральную область нашей планеты. Это самая глубокая геосфера. Средний радиус ядра составляет около 3500 км, располагается оно глубже 2900 км. Ядро состоит из двух частей — большого внешнего и малого внутреннего ядер.

Внутреннее ядро Природа внутреннего ядра Земли начиная с глубины 5000 км остается загадкой. Это шар диаметром 2200 км, который, как полагают ученые, состоит из железа (80%) и никеля

(20%). Соответствующий сплав при существующем давлении внутри земных недр имеет температуру плавления порядка 4500° С.

Внешнее ядро. Судя по геофизическим данным, внешнее ядро представляет собой жидкость — расплавленное железо с примесью никеля и серы. Это связано с тем, что давление в этом слое меньше. Внешнее ядро представляет собой шаровой слой толщиной 2900—5000 км. Чтобы внутреннее ядро оставалось твердым, а внешнее — жидким, температура в центре Земли не должна превышать 4500° С, но и не быть ниже 3200° С.

С жидким состоянием внешнего ядра связывают представления о природе земного магнетизма. Магнитное поле Земли изменчиво, из года в год меняется положение магнитных полюсов. Палеомагнитные исследования показали, что, например, на протяжении последних 80 млн. лет имело место не только изменение напряженности поля, но и многократное систематические перемагничивание, в результате которого Северный и Южный магнитные полюса Земли менялись местами. В периоды смены полярности наступали моменты полного исчезновения магнитного поля. Следовательно, земной магнетизм не может создаваться постоянным магнитом за счет стационарной намагниченности ядра или какой-либо его части. Предполагается, что магнитное поле создается процессом, названным эффектом динамо-машины с самовозбуждением. Роль ротора (подвижного элемента), или динамо, может играть масса жидкого ядра, перемещающаяся при вращении Земли вокруг своей оси, а система возбуждения образуется токами, создающими замкнутые петли внутри сферы ядра.

Мантия

Мантия — наиболее мощная оболочка Земли, занимающая 2/3 ее массы и большую часть объема. Она также существует в виде двух шаровых слоев — нижней и верхней мантии. Толщина нижней части мантии — 2000 км, верхней — 900 км. *Все* слои мантии расположены между радиусами 3450 и 6350 км.

Данное о химическом составе мантии получены на основании анализов наиболее глубинных магматических горных пород, поступивших в верхние горизонты в результате мощных тектонических поднятий с выносом мантийного материала. Материал верхней мантии собран со дна разных участков океана. Плотность и химический состав мантии резко отличаются от соответствующих характеристик ядра. Мантию образуют различные силикаты (соединения на основе кремния), прежде всего, минерал оливин.

Благодаря высокому давлению вещество мантии, скорее всего, находится в кристаллическом состоянии. Температура мантии со-

ставляет около 2500°C. Именно высокие давления обусловили такое агрегатное состояние вещества, в ином случае указанные температуры привели бы к его расплавлению.

В расплавленном состоянии находится астеносфера — нижняя часть верхней мантии. Это подстилающий верхнюю мантию и литосферу слой. Литосфера как бы «плавает» в нем. В целом же верхняя мантия обладает интересной особенностью — по отношению к кратковременным нагрузкам она ведет себя как жесткий, а по отношению к длительным нагрузкам — как пластичный материал.

На не слишком вязкую и пластичную астеносферу опирается более подвижная и легкая литосфера. В целом литосфера, астеносфера и остальные слои мантии могут рассматриваться в качестве трехслойной системы, каждая из частей которой подвижна относительно других компонентов.

Литосфера

Литосферой называют земную кору с частью подстилающей ее мантии, которая образует слой толщиной порядка 100 км. Земная кора обладает высокой степенью жесткости, но вместе с тем и большой хрупкостью. В верхней части она слагается гранитами, в нижней — базальтами.

Резкая асимметрия строения поверхности нашей планеты была замечена давно. Поэтому планетарный рельеф делится на две основные области — океаническую и континентальную. Средняя мощность континентальной коры — 35 км. Ее верхний слой богат гранитными породами, а нижний — базальтовыми магмами. На дне океанов гранитный слой отсутствует, и земная кора состоит только из базальтового слоя. Мощность океанической коры составляет 5—10 км.

Первые порции вулканического материала имели состав базальтов или близкий к нему. Базальтовая магма, поднимаясь к поверхности, теряла газы, уходившие в атмосферу, и превращалась в базальтовую лаву, которая растекалась по первичной поверхности планеты. При остывании она образовывала твердые покровы — первичную кору океанического типа. Однако процесс выплавления этих масс был асимметричным, и на одном полушарии планеты их сосредоточилось больше, чем на другом. В областях будущих континентов молодая земная кора была динамически неустойчивой и перемещалась вверх и вниз под влиянием внутренних причин, природа которых еще недостаточно хорошо изучена.

При общих колебательных движениях отдельные части первичной коры временами оказывались выше уровня океана и подвергались разрушению под воздействием химически активных газов первичной атмосферы, воды, а также других физических агентов. Про-

дукты разрушения сносились в пониженные участки суши и водоемы, образуя осадочные породы с механической сортировкой частиц по величине и минералогическому составу. Еще более активно эти процессы пошли с появлением биосферы. Области поднятия суши — места будущих континентов — стали обрастать поясами, образованными толщами осадочных пород, возникших за счет разрушения более приподнятых участков суши. Эти пояса впоследствии подвергались складчатости и поднятиям, в них проявлялась вулканическая деятельность. Возникли древние горные цепи вокруг ядер материков, впоследствии также разрушенные геологическими агентами. Так формировалась континентальная часть земной коры.

Океаническая часть, вероятно, редко или совсем не выступала выше уровня Мирового океана, и в ней не происходили процессы дифференциации вещества, не шли отложения осадочных пород.

Геологические особенности земной коры определяются совместными действиями на нее атмосферы, гидросферы и биосферы — трех внешних оболочек планеты. Состав коры и внешних оболочек непрерывно обновляется. Благодаря выветриванию и сносу вещество континентальной поверхности полностью обновляется за 80—100 млн. лет. Убыль вещества континентов восполняется поднятиями их коры. Если бы этих поднятий не было, то за несколько геологических периодов вся суша оказалась снесенной в океан, а наша планета покрылась сплошной водной оболочкой.

На поверхности литосферы в результате совокупной деятельности ряда факторов возникает почва. Основоположник почвоведения русский ученый В. В. Докучаев назвал *почвой* наружные горизонты горных пород, естественно измененных совместным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов, включая их остатки. Таким образом, почва — это сложнейшая система, стремящаяся к равновесному взаимодействию с окружающей средой.

Гидросфера

Водная оболочка Земли представлена на нашей планете Мировым океаном, пресными водами рек и озер, ледниковыми и подземными водами. Общие запасы воды на Земле составляют 1,5 млрд. км^3. Из этого количества 97% приходится на соленую морскую воду, 2% составляет замерзшая вода ледников и 1% — пресная вода.

Гидросфера — это сплошная оболочка Земли, так как моря и океаны переходят в подземные воды на суше, а между сушей и морем идет постоянный круговорот воды, ежегодный объем которого оценивается в 100 тыс. км^3. Большая часть воды, испаренной с поверхности морей и океанов, выпадает в виде осадков над ними же,

около 10% — уносится на сушу, падает на нее, а затем или реками уносится в океан, или уходит под землю, или консервируется в ледниках. Круговорот воды в природе не является абсолютно замкнутым циклом. Сегодня доказано, что наша планета постоянно теряет часть воды и воздуха, которые уходят в мировое пространство. Поэтому с течением времени встанет проблема сохранения воды на нашей планете.

Вода — вещество, обладающее многими уникальными физическими и химическими свойствами. В частности, вода имеет высокую теплоемкость, теплоту плавления и испарения и в силу этих качеств является важнейшим климатообразующим фактором на Земле. Вода — хороший растворитель, поэтому в ней содержится множество химических элементов и соединений, необходимых для поддержания жизни. Не случайно именно Мировой океан стал колыбелью Жизни на нашей планете.

Мировой океан. Большую часть поверхности Земли занимает Мировой океан (71% поверхности планеты). Он окружает материки (Евразию, Африку, Северную и Южную Америку, Австралию и Антарктиду) и острова. Океан делится материками на четыре части: Тихий (50% площади Мирового океана), Атлантический (25), Индийский (21) и Северный Ледовитый (4%) океаны. Мировой океан часто называют «печкой планеты». В теплое время года вода согревается медленнее суши, поэтому она охлаждает воздух, зимой же, наоборот, теплая вода согревает холодный воздух.

В Мировом океане постоянно происходят поступательные движения масс воды — морские течения. Они образуются под влиянием господствующих ветров, приливных сил Луны и Солнца, а также из-за существования слоев воды разной плотности. Под влиянием вращения Земли все течения в Северном полушарии отклоняются вправо, а в Южном полушарии — влево. Огромную роль в морях и океанах играют приливы и отливы, вызывающие периодические колебания уровня воды и смену приливных течений. В открытом океане высота прилива достигает одного метра, у берегов — до 18 метров. Самые высокие приливы наблюдаются у берегов Франции (14,7 м) и в Англии, в устье реки Северн (16,3 м), в России — в Мензен-ском заливе Белого моря (10 м) и в Пенжинской губе Охотского моря (11 м).

Огромны продовольственные, энергетические и минеральные запасы Мирового океана.

Реки. Важной частью гидросферы Земли являются *реки* — водные потоки, текущие в естественных руслах и питающиеся за счет поверхностного и подземного стока с их бассейнов. Реки с притоками образуют речную систему. Течение и расход воды в них зависят от уклона русла. Обычно выделяют горные реки с быстрым те-

чением и узкими речными долинами и равнинные реки с медленным течением и широкими речными долинами.

Реки являются важной частью круговорота воды в природе. Их суммарный годовой сток в Мировой океан составляет 38,8 тыс. км^3. Реки — это источники питьевой и промышленной воды, источник гидроэнергии. В реках обитает большое количество растений, рыб и других пресноводных организмов. Самые большие реки на планете — Амазонка, Миссисипи, Енисей, Лена, Обь, Нил, Амур, Янцзы, Волга.

Озера и болота — также часть гидросферы Земли. Озера — это заполненные водой водоемы, вся поверхность которых открыта атмосфере и которые не имеют уклонов, создающих течения, а также не связаны с морем иначе, чем через реки и протоки. Понятие «озера» включает в себя большой круг водоемов, в том числе пруды (небольшие мелкие озера), водохранилища, а также болота и трясины со стоячей водой. По происхождению озера могут быть ледниковыми, проточными, термокарстовыми, солеными. С геологической точки зрения озера имеют малую продолжительность жизни. Как правило, они постепенно исчезают из-за нарушения равновесия между притоком и стоком воды из озера. К числу крупнейших озер относятся: Каспийское и Аральское моря, Байкал, озера Верхнее, Гурон и Мичиган в США и Канаде, Виктория, Ньянза и Танганьика в Африке.

Подземные воды — еще одна часть гидросферы. Подземными являются все воды, находящиеся под земной поверхностью. Существуют подземные реки, свободно текущие по подземным каналам — трещинам и пещерам. Есть также фильтрующиеся воды, просачивающиеся через рыхлые породы (песок, гравий, гальку). Самый ближний к поверхности земли горизонт подземных вод называют *грунтовыми водами.*

Вода, попавшая в грунт, доходит до водоупорного слоя, накапливается на нем и пропитывает вышележащие породы. Так образуются водоносные горизонты, могущие служить источниками воды. Иногда водоупорный слой может создавать вечная мерзлота.

Ледники, образующую ледяную оболочку Земли (криосферу), также являются частью гидросферы нашей планеты. Они занимают площадь, равную 16 млн. км^2, что примерно составляет 1/10 часть поверхности планеты. Именно в них содержатся основные запасы пресной воды (3/4). Если бы льды, находящиеся в ледниках, вдруг растаяли, уровень Мирового океана повысился бы на 50 метров.

Ледяные массивы образуются там, где возможно не только накопление снега, выпавшего за зиму, но и сохранение его в течение лета. Со временем такой снег уплотняется до состояния льда и может закрыть собой всю местность как ледниковый покров или ледяная шапка. Места, где может происходить накопление многолет-

него льда, определяются географической широтой и высотой над уровнем моря. В полярных районах граница многолетнего льда лежит на уровне моря, в Норвегии — на высоте 1,2—1,5 км над уровнем моря, в Альпах — на высоте 2,7 км, а в Африке — на высоте 4,9 км.

Гляциологи различают материковые покровы, или щиты, и горные ледники. Самые мощные материковые ледниковые покровы расположены в Антарктиде и Гренландии. В некоторых местах толщина льда достигает 3,2 км. Постепенно сползающие к океану толщи льда рождают ледяные горы — айсберги. Горные ледники — это ледяные реки, спускающиеся по склонам гор, хотя их движение идет очень медленно — со скоростью от 3 до 300 м в год. При своем движении ледники меняют картину ландшафта, увлекая за собой валуны, обдирая склоны гор и обламывая при этом значительные куски породы. Продукты разрушения уносятся ледником по склону и оседают по мере его таяния.

Вечная мерзлота. Частью криосферы Земли помимо ледников являются многолетнемерзлые грунты (вечная мерзлота). Толщина таких грунтов в среднем достигает 50—100 м, а в Антарктиде доходит до 4 км. Вечная мерзлота занимает огромные территории в Азии, Европе, Северной Америке и Антарктиде, ее общая площадь составляет 35 млн. км^2. Вечная мерзлота возникает в местах, где среднегодовые температуры имеют отрицательные значения. В ней содержится до *2%* общего объема льда на Земле.

Атмосфера

Атмосфера — это воздушная оболочка Земли, окружающая ее и вращающаяся вместе с ней. По химическому составу атмосфера представляет собой смесь газов, состоящую из 78% азота, 21% кислорода, а также инертных газов, водорода, углекислого газа, паров воды, на которые приходится около 1% объема. Кроме того, воздух содержит большое количество пыли и различных примесей, порождаемых геохимическими и биологическими процессами на поверхности Земли.

Масса атмосферы довольно велика и составляет 5,15 • 10^{18}кг. Это значит, что каждый кубический метр окружающего нас воздуха весит около 1 кг. Вес воздуха, давящего на нас, называют *атмосферным давлением.* Среднее атмосферное давление на поверхности Земли равно 1 атм, или 760 мм ртутного столба. Это означает, что на каждый квадратный сантиметр нашего тела давит груз атмосферы массой в 1 кг. С высотой плотность и давление атмосферы быстро убывают.

В атмосфере есть районы с устойчивыми минимумами и максимумами температур и давлений. Так, в районе Исландии и Алеут-

ских островов располагается такая область, являющаяся традиционным местом рождения циклонов, определяющих погоду в Европе. А в Восточной Сибири область низкого давления летом сменяется областью высокого давления зимой. Неоднородность атмосферы вызывает перемещение воздушных масс — так появляются ветры.

Атмосфера Земли имеет слоистое строение, причем слои отличаются по физическим и химическим свойствам. Важнейшими из них являются температура и давление, изменение которых лежит в основе выделения атмосферных слоев. Таким образом, в атмосфере Земли выделяют: тропосферу, стратосферу, ионосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу.

Тропосфера — это нижний слой атмосферы, определяющий погоду на нашей планете. Его толщина — 10—18 км. С высотой падает давление и температура, опускаясь до —55°С. В тропосфере содержится основное количество водяных паров, образуются облака и формируются все виды осадков.

Следующий слой атмосферы — это **стратосфера,** простирающаяся до 50 км в высоту. Нижняя часть стратосферы имеет постоянную температуру, в верхней части наблюдается повышение температуры из-за поглощения солнечного излучения озоном.

Ионосфера — эта часть атмосферы, которая начинается с высоты 50 км. Ионосфера состоит из ионов — электрически заряженных частиц воздуха. Ионизация воздуха происходит под действием Солнца. Ионосфера обладает повышенной электропроводностью и в силу этого отражает короткие радиоволны, позволяя осуществлять дальнюю связь.

С высоты в 80 км начинается **мезосфера,** роль которой состоит в поглощении озоном, водяным паром и углекислым газом ультрафиолетовой радиации Солнца.

На высоте 90 — 200—400 км находится **термосфера. В** ней происходят основные процессы поглощения и преобразования солнечного ультрафиолетового и рентгеновского излучений. На высоте более 250 км постоянно дуют ураганные ветры, причиной которых считают космические излучения.

Верхняя область атмосферы, простирающаяся от 450—800 км до 2000—3000 км, называется **экзосферой.** В ней содержится атомарный кислород, гелий и водород. Часть этих частиц постоянно уходит в мировое пространство.

Результатом саморегулирующихся процессов в атмосфере Земли является климат нашей планеты. Это не то же самое, что погода, которая может меняться каждый день. Погода очень изменчива и зависит от колебаний тех взаимосвязанных процессов, в результате которых она формируется. Это — температура, ветры, давление, осадки. Погода в основном является результатом взаимодействия атмосферы с сушей и океаном.

Климат — это состояние погоды какого-либо региона за длительный промежуток времени. Он формируется в зависимости от географической широты, высоты над уровнем моря, воздушных потоков. Меньше влияют рельеф и тип почвы. Выделяют ряд климатических зон мира, обладающих комплексом сходных характеристик, относящихся к сезонным температурам, количеству осадков и силе ветра:

- *зона влажного тропического климата* — среднегодовые температуры больше 18°С, холодов не бывает, осадков выпадает больше, чем испаряется воды;
- *зона сухого климата* — область малого количества осадков. Сухой климат может быть жарким, как в тропиках, или свежим, как в континентальной Азии;
- *зона теплого климата* — средние температуры в самое холодное время здесь не опускаются ниже —3°С, и хотя бы один месяц имеет среднюю температуру больше 10°С. Хорошо выражен переход от зимы к лету;
- *зона холодного северного таежного климата* — в холодное время средняя температура опускается ниже — 3°С, но в теплое время она выше 10°С;
- *зона полярного климата* — даже в самые теплые месяцы средние температуры здесь ниже 10°С, поэтому в этих районах прохладное лето и очень холодные зимы;
- *зона горного климата* — районы, отличающиеся по климатическим характеристикам от той климатической зоны, в которой они находятся. Появление таких зон связано с тем, что с высотой падают средние температуры и сильно меняется количество осадков.

Климат Земли имеет ярко выраженную *цикличность*. Самым известным примером цикличности климата являются периодически случавшиеся на Земле оледенения. За два последних миллиона лет наша планета пережила от 15 до 22 ледниковых периодов. Об этом свидетельствуют исследования осадочных пород, накопившихся на дне океанов и озер, а также исследования образцов льда из глубин Антарктического и Гренландского ледниковых покровов. Так, в последний ледниковый период Канада и Скандинавия были покрыты гигантским ледником, а Северо-Шотландское нагорье, горы Северного Уэльса и Альпы имели огромные ледяные шапки.

Сейчас мы живем в период глобального потепления. С 1860 г. средняя температура Земли поднялась на 0,5°С. В наши дни увеличение средних температур идет еще более быстрыми темпами. Это грозит серьезнейшими изменениями климата на всей планете и другими последствиями, которые более подробно будут рассмотрены в главе, посвященной проблемам экологии.

Магнитосфера

Магнитосфера — самая внешняя и протяженная оболочка Земли — представляет собой область околоземного пространства, физические свойства которой определяются магнитным полем Земли и его взаимодействием с потоками заряженных частиц космического происхождения. С дневной стороны она простирается на 8—24 земных радиусов, с ночной — доходит до нескольких сотен радиусов и образует магнитный хвост Земли. В магнитосфере находятся радиационные пояса.

Магнитное поле Земли образуется во внешней оболочке ядра благодаря циркуляции электрических токов. Поэтому Земля представляет собой огромный магнит с четко выраженными магнитными полюсами. Северный магнитный полюс находится в Северной Америке на полуострове Ботия, Южный магнитный полюс — в Антарктиде на станции Восток.

В настоящее время установлено, что магнитное поле Земли не является неизменным. Его полярность в истории существования Земли менялась несколько раз. Так, 30 000 лет назад Северный магнитный полюс находился на Южном полюсе. Кроме того, периодически происходят возмущения магнитного поля Земли — магнитные бури, главной причиной возникновения которых является колебание солнечной активности. Поэтому особенно часты магнитные бури в годы активного Солнца, когда на нем появляется много пятен, а на Земле возникают полярные сияния.

7.5. Геодинамические процессы

Облик нашей планеты не является чем-то застывшим, раз и навсегда сформировавшимся. Благодаря разнообразным геодинамическим процессам на планете постоянно происходит видоизменение земной коры и ее поверхности. Эти процессы в геологии делят на две большие группы — эндогенные (внутренние) и экзогенные (внешние).

Эндогенные процессы

Геодинамические процессы, вызванные внутренними силами Земли и протекающие в ее недрах, называются **эндогенными.**

Они обусловлены энергией и действием сил тяжести, возникающих при вращении Земли, а проявляются в виде тектонических движений (поднятие и опускание земной коры, землетрясения, образование крупных элементов рельефа и т.п.), процессов магматиз-

ма (вулканизма), метаморфизма горных пород и формирования месторождений полезных ископаемых.

Движение тектонических плит — это грандиозный геологический процесс, ведущий к деформации верхних частей земной коры, но протекающий очень медленно. Поэтому в течение исторического времени движение континентов можно зафиксировать только с помощью особо точных измерений. Кроме того, движение плит вызывает эффекты, проявляющиеся в форме бедствий и катастроф.

Линии, по которым стыкуются плиты, — это эквивалент трещин в земной коре. Они называются «сдвигами» и представляют собой слабые места, через которые тепло и расплавленный камень, находящийся под корой, могут выйти наверх. Такое тепло способно согревать грунтовые воды, образовывать выходы пара и горячие источники. Иногда вода может нагреваться до тех пор, пока давление не достигает критической точки, после чего она вырывается на поверхность высоко в воздух. Так образуются гейзеры.

Вулканическая деятельность. В некоторых районах вверх *по* трещинам поднимается и застывает расплавленный камень. Новый расплавленный камень вскипает сквозь возвышенность отвердевшего камня и увеличивает ее высоту. Так образуется гора с центральным проходом, по которому расплавленная каменистая масса, или лава, может подниматься и оседать. Также она может затвердевать на более или менее длительный период, а затем плавиться снова. Этот процесс получил название *магматизма.* Магматизм — проявление глубинной активности Земли, он тесно связан с ее тепловыми процессами и тектонической эволюцией. В результате магматизма формируются горные породы внутри земли или вулканы, т.е. происходят излияния расплавленной магмы из глубин Земли на ее поверхность.

По степени активности вулканы могут быть действующими или недействующими. Если вулкан демонстрирует определенную активность в течение длительных периодов времени, он не очень опасен, хотя периодические извержения, в ходе которых потоки лавы изливаются наружу, вынуждают эвакуировать находящиеся поблизости населенные пункты.

Намного опаснее вулканы, длительное время пребывающие в неактивном состоянии. У таких вулканов центральный проход, по которому лава поднималась раньше, обычно затвердевает, и потому новые потоки лавы, поднимающиеся из глубин в период усиления активности, не находят себе прохода. Нарастающее давление приводит к тому, что верхушка вулкана прорывается. При этом происходит резкий, неожиданный выброс газа, пара, твердых камней и раскаленной лавы. Если до этого вулкан долгое время оставался неактивным и возле него возникли людские поселения, то последствия из-

вержения могут быть катастрофическими. В результате извержения Везувия в 79 г. н.э. были полностью уничтожены города Помпеи и Геркуланум, располагавшиеся на его южном склоне.

Самое крупное вулканическое извержение произошло на острове Кракатау 27 августа 1883 г., в результате которого остров был практически полностью разрушен. В воздух оказалось выброшено около 21 км^3 вулканического вещества. Пепел выпал на площади 800 тыс. км^2 и затемнил окружающий район на два с половиной дня. Пыль достигла стратосферы и распространилась по всей Земле, вызывая эффектные закаты на протяжении почти двух лет. Звук взрыва был слышен на расстоянии 1/13 земного шара, а сила извержения в 26 раз превосходила мощность самой современной водородной бомбы. Кроме того, взрыв вызвал волну цунами, которая достигла высоты 36 метров и уничтожила 163 деревни и унесла жизни почти 40 тысяч человек.

Землетрясения. Еще более губительным следствием движения тектонических плит являются землетрясения.

Землетрясениями называют подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний.

Их сложно предсказать, так как они зарождаются по разным причинам и на разной глубине. Небольшие тектонические поднятия и опускания образуются в результате процессов, происходящих внутри земной коры на глубине 10—20 км, а самые глубокие очаги землетрясений локализованы на глубине 700 км. В основном землетрясения происходят на границах соединения тектонических плит, которые могут подниматься или опускаться друг относительно друга, а также двигаться в разных направлениях.

Само землетрясение продолжается лишь несколько минут и состоит из нескольких толчков. Но за это время оно может нанести огромный ущерб обширному району. Сила землетрясений характеризуется по специальной 12-балльной шкале, предложенной в 1935 г. американским сейсмологом Ч. Рихтером и носящей его имя. Каждая последующая цифра этой шкалы соответствует десятикратному увеличению количества энергии, высвобождаемой при землетрясении. Так, разрушение зданий начинается при 5 баллах. Землетрясение в 7 баллов считается сильным, а в 8 баллов и выше — катастрофическим.

В историческом масштабе самое сильное землетрясение произошло в Китае в 1556 г., когда одновременно погибло 830 тыс. человек. В Западной Европе очень крупным было землетрясение 1755 г.

в Португалии. При этом полностью была разрушена столица Португалии город Лиссабон, погибло 60 тыс. человек. Часто случаются землетрясения в Сан-Франциско, который стоит на тектоническом разломе. На территории бывшего СССР также достаточно много сейсмически опасных зон. В 1988 г. произошло землетрясение в Армении, при котором погибло свыше 20 тыс. человек и более 500 тыс. остались без крова. А в 1995 г. сильнейшее землетрясение полностью разрушило город Нефтегорск на Сахалине.

Экзогенные процессы

К **экзогенным** относятся геодинамические процессы, которые происходят на поверхности Земли или на небольшой глубине в земной коре и обусловлены энергией солнечного излучения, гравитационной силой и жизнедеятельностью организмов.

Экзогенными являются следующие процессы: выветривание, заболачивание, оползни, лавины, обвалы, криогенные процессы, деятельность водных потоков, морей, озер и ледников. Внешние экзогенные процессы происходят на поверхности Земли при давлениях и температурах, близких к нормальным, поэтому они доступнее для изучения, чем эндогенные процессы.

Выветривание. Основу всех экзогенных процессов составляет выветривание — процесс механического разрушения и химического изменения горных пород и минералов в условиях земной поверхности, происходящий под влиянием различных атмосферных явлений, грунтовых и поверхностных вод, жизнедеятельности растительных и животных организмов и продуктов их разложения. Выветривание имеет большое значение, поскольку с ним тесно связан процесс почвообразования, т.е. зарождение и формирование почвы.

Флювиальные процессы. Преобразованию земной поверхности в огромной мере способствуют также флювиальные процессы — совокупность процессов, осуществляемых текучими поверхностными водными потоками. Результатом флювиальных процессов является размыв водными потоками земной поверхности в одних местах и одновременный перенос и отложение продуктов размыва в других. Флювиальные процессы развиваются в пределах речных бассейнов, в которые входят речные, овражно-балочные и склоновые системы. Главным элементом этих процессов являются реки — водные потоки, текущие в естественных условиях и питающиеся за счет поверхностного и подземного стока со своих бассейнов.

Гляциальные процессы. К экзогенным относятся также и гляциальные процессы, связанные с деятельностью льда, т.е. современным и прошлым оледенением территории. Такие процессы проис-

ходят в условиях длительного существования большого количества льда в пределах участка земной поверхности, в первую очередь в виде ледников — движущихся скоплений льда. Эрозионная деятельность ледников сводится к выпахиванию коренного ложа ледника обломками горных пород, к формированию специфических отложений в виде скопления несортированных обломков горных пород, переносимых или отложенных ледниками образований. В результате таяния ледников образуются мощные водные потоки, которые формируют флювиогляциальные отложения и рельеф.

Гравитационные процессы. Наконец, в пределах Мирового океана распространены гравитационные процессы, в возникновении и развитии которых основная роль принадлежит силе тяжести. В настоящее время среди гравитационных процессов дна Мирового океана ученые особо выщеляют процесс медленного сползания или оплывания толщ осадков на относительно пологих склонах, подводные оползни, донные и постоянные поверхностные течения и т.д.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Азимов А.* Выбор катастроф. СПб., 2001.
2. *Будыко М.И.* Климат в прошлом и будущем. Л., 1980.
3. *Войткевич Г. В.* Рождение Земли. Р-н-Д, 1996.
4. *Гаврилов В.П.* Путешествие в прошлое Земли. М., 1987.
5. *Гангус А.А.* Тайна земных катастроф. М., 1985.
6. *Грушинский Н.П.* Круглая ли Земля? М., 1989.
7. *Зигель Ф.Ю.* Планета Земля, ее прошлое, настоящее и будущее. М., 1974.
8. *Израилев В.М.* Земля — планета парадоксов. М., 1991.
9. *Криволуцкий А.Е.* Голубая планета Земля среди планет. М., 1985.
10. *Львович М.И.* Вода и жизнь. М., 1986.
11. *Максаковский В.П.* Географическая культура. М., 1998.
12. *Монин А.С.* История земли. М., 1977.
13. *Мукитанов U.K.* От Страбона до наших дней. Эволюция географических представлений и идей. М., 1985.
14. *Рингвуд А.Е.* Происхождение Земли и Луны. М., 1982.
15. *Сорохтин О.Г., Ушаков СА.* Глобальная эволюция Земли. М., 1991.
16. *Ушаков С.А., Ясаманов Н.А.* Дрейф материков и климат Земли. М., 1984.

Глава 8
Современные концепции химии

8.1. Специфика химии как науки

Основные задачи химии

Одной из важнейших для жизни человека естественных наук является химия.

Химия — наука о составе, внутреннем строении и превращении вещества, а также о механизмах этих превращений.

Практически ежедневно каждый человек может наблюдать, как те или иные вещества подвергаются различным изменением: железный предмет под воздействием влаги покрывается ржавчиной, опавшие листья деревьев постепенно истлевают, превращаясь в перегной, и т.д. Результат этих изменений — появление новых веществ с совершенно иными свойствами. Такого рода процессы называются *химическими явлениями,* при которых из одних веществ образуются другие, новые вещества, а наука, изучающая превращения веществ, называется *химией.*

Еще Д. И. Менделеев обратил внимание на то, что химия, в отличие от многих других наук (например, биологии или географии), сама создает свой предмет исследования. Как никакая другая наука, она является одновременно и наукой, и производством. Химия всегда была нужна человечеству для того, чтобы получать из природных веществ материалы с необходимыми для повседневной жизни и производства свойствами. Поэтому все химические знания, приобретенные за многие столетия и представленные в виде теорий, законов, методов, технологий, объединяет одна-единственная непреходящая, главная задача химии — получение веществ с заданными свойствами. Но это — производственная задача, и, чтобы ее реализовать, нужно уметь из одних веществ производить другие, т.е. осуществлять качественные превращения веществ. А поскольку качество — это совокупность свойств вещества, то необходимо знать, от чего зависят эти свойства. Иначе говоря, чтобы решить названную производственную

задачу, химия должна справиться с теоретической проблемой генезиса (происхождения) свойств вещества.

Таким образом, основанием химии выступает основная двуединая проблема — получение веществ с заданными свойствами (на достижение ее направлена производственная деятельность человека) и выявление способов управления свойствами вещества (на реализацию этой задачи направлена научно-исследовательская работа ученых).

Система химии

Основная двуединая проблема химии является системообразующим началом данной науки. Она возникла в глубокой древности и не потеряла своей актуальности в наши дни. Естественно, что в разные исторические эпохи данная задача решалась по-разному, так как способы ее решения зависят от уровня материальной и духовной культуры общества, а также внутренних закономерностей, присущих ходу научного познания. Достаточно сказать, что изготовление таких материалов, как, например, стекло и керамика, краски и душистые вещества, в древности осуществлялось совершенно иначе, чем в XVIII в. и позже.

Важнейшей особенностью основной проблемы химии является то, что она имеет всего четыре способа решения. Речь при этом идет не о частных методах изучения превращений веществ — их множество, а о самых общих способах решения вопроса: от чего, оt каких факторов зависят свойства веществ. А зависят они от четырех факторов:

1) от элементного и молекулярного состава вещества;

2) структуры молекул вещества;

3) термодинамических и кинетических (наличие катализаторов и ингибиторов, воздействие материала стенок сосудов и т.д.) условий, в которых вещество находится в процессе химической реакции;

4) высоты химической организации вещества.

Поскольку способы решения основной проблемы химии появлялись последовательно, то в истории химии можно выделить четыре последовательно сменявших друг друга этапа. В то же время с каждым из названных способов решения основной проблемы химии связана собственная концептуальная система знаний. Эти четыре концептуальных системы знания находятся в отношениях иерархии (субординации). В системе химии они являются подсистемами, так же как сама химия представляет собой подсистему естествознания в целом. Концептуальные системы химии можно представить наглядно в виде схемы.

Середина XX века	4. Эволюционная химия
XX век	3. Учение о химических процессах
XIX век	2. Структурная химия
XVII век	1. Учение о составе вещества

В развитии химии происходит не смена, а строго закономерное, последовательное появление концептуальных систем. При этом каждая вновь появляющаяся система не отрицает предыдущую, а, наоборот, опирается на нее и включает в себя в преобразованном виде. Таким образом, формируется система химии — единая целостность всех химических знаний, которые возникают и существуют не отдельно друг от друга, а в тесной взаимосвязи, дополняют друг друга и объединяются в концептуальные системы химических знаний, которые находятся между собой в отношениях иерархии.

8.2. Первый уровень химического знания. Учение о составе вещества

Первый по-настоящему действенный способ решения проблемы происхождения свойств вещества появился в XVII в. в работах английского ученого Р. Бойля. Его исследования показали, что качества и свойства тел не имеют абсолютного характера и зависят от того, из каких химических элементов эти тела составлены. У Бойля наименьшими частичками вещества оказывались неосязаемые органами чувств мельчайшие структуры — атомы, или, как он их называл, minima naturalia. Эти частицы могли связываться друг с другом, образуя более крупные соединения — кластеры, по терминологии Бойля. Связь частиц в кластерах была достаточно прочной, и поэтому кластеры сами были невидимыми глазу кирпичиками для построения реальных физических тел. В зависимости от объема и формы кластеров, от того, находились ли они в движении или покоились, зависели и свойства природных тел. Сегодня мы вместо термина «кластер» используем понятие «молекула».

В период с середины XV11 в. до первой половины XIX в. учение о составе вещества представляло собой всю тогдашнюю химию. *Оно* существует и сегодня, представляя собой первую концептуальную систему химии. На этом уровне химического знания ученые решали и решают три важнейшие проблемы: химического элемента, химического соединения и задачу создания новых материалов с использованием вновь открытых химических элементов.

Концепция химического элемента

Концепция химического элемента появилась в химии как результат стремления человека обнаружить первоэлемент природы. Корни решения данной проблемы уходят в Древнюю Грецию, где возникли учения о первоэлементах природы. Там же возникла и атомистическая концепция природы, возрожденная в Новое время

в химии Р. Бойлем. Именно он положил начало современному представлению о химическом элементе как о простом теле, пределе химического разложения вещества, переходящем без изменения из состава одного сложного тела в другое.

Но еще целый век после этого химики делали ошибки в выделении химических элементов. Дело в том, что, сформулировав понятие химического элемента, химики еще не знали ни одного из них. Стремясь получить элементы в чистом виде, они пользовались считавшимся тогда универсальным методом прокаливания, и окалину принимали за чистый элемент. Так что известные тогда металлы — железо, медь, свинец — принимали за сложные тела, состоявшие из соответствующего элемента и флогистона. Однако именно флогистонная теория, ложная по сути, оказалась двигателем многих исследований, приведших в итоге к истинным выводам.

Этот вывод был сделан Д.И. Менделеевым, доказавшим, что свойства химического элемента зависят от места данного атома в периодической системе. Сам Менделеев определял это место по атомной массе, но в XX в. было выяснено, что порядковый номер элемента зависит не от атомной массы, а от заряда атомного ядра и количества электронов. В настоящее время известно, что атом представляет собой сложную квантово-механическую систему, состоящую из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженной электронной оболочки. Выяснены особенности строения электронных орбиталей атомов всех элементов и особая роль внешнего электронного уровня атома, от количества электронов в котором зависит реакционная способность элемента — химическая активность вещества, учитывающая как разнообразие реакций, возможных для данного вещества, так и их скорость. Наиболее активными с химической точки зрения являются элементы, имеющие минимальную атомную массу и 6—7 электронов на внешнем электронном уровне (фтор, хлор, кислород). Это связано с тем, что они стремятся достроить свою электронную оболочку путем присоединения недостающего числа электронов. Также большой реакционной способностью отличаются металлы, обладающие большой атомной массой и имеющие 1—2 электрона на внешнем электронном уровне (барий, цезий), стремящиеся отдать их для его достройки.

Современный окружающий человека мир заполнен многочисленными соединениями, образованными элементами периодической системы Менделеева. Во времена самого Менделеева было известно всего 62 химических элемента. В 30-е гг. XX в. таблица Менделеева включала 88 элементов, а всего в ней было 92 клетки (элемент под номером 92 — это уран). Сегодня науке известно 110 химических элементов (элемент 109 получил название мейтнерий, 110-й элемент еще не имеет официального названия), и химиков продолжает волновать вопрос, сколько всего элементов в таблице Менделеева.

Предполагается, что на первоначальной стадии развития Земли существовали трансурановые элементы с порядковыми номерами до 106-го. Такие элементы имели небольшую продолжительность жизни по сравнению с возрастом Земли и поэтому полностью распались, не сохранившись до наших дней. Самым долгоживущим элементом из данной группы оказался плутоний-244 с периодом полураспада 82,2 млн. лет. В 1971 г. из минерала бастнезита удалось выделить некоторое количество атомов этого элемента. Но в основном все трансурановые элементы были получены искусственным путем. В 1940 г. был синтезирован нептуний, после этого были зарегистрированы еще 15 трансурановых элементов с номерами до 107-го.

Трансурановые элементы с атомными номерами до 100-го можно получить в ядерном реакторе путем бомбардировки ядер изотопа урана-238 нейтронами. Более тяжелые элементы получают только в ускорителях в очень незначительных количествах. Для этого уран бомбардируют ионами ксенона, гадолиния, самария, гафния или самого урана. В результате этого образуются очень тяжелые промежуточные ядра. Но такие реакции стали возможны лишь с 1971 г., когда появились новые мощные ускорители, способные разогнать тяжелые ионы до высоких энергий.

Современная теория позволяет с большой вероятностью рассчитать стабильность сверхтяжелых элементов и предсказать их физические и химические свойства. Поэтому химики предполагают, что элементы с порядковыми номерами между 114-м и 164-м должны обладать неожиданно высокой стабильностью. Считается, что в районе этих порядковых номеров в периодической системе должен существовать так называемый островок стабильности, на котором возможно получение изотопов с периодом полураспада 10^8 лет. Верхняя граница стабильности должна приближаться к номеру 174. Если эти элементы будут получены, то их можно будет использовать в промышленном производстве и энергетике. Но для их синтеза нужны новые экспериментальные методы и технические средства.

Химическим элементом называют все атомы, имеющие одинаковый заряд ядра.

Особой разновидностью химических элементов являются *изотопы,* у которых ядра атомов отличаются числом нейтронов (поэтому у них разная атомная масса), но содержат одинаковое число протонов и поэтому занимают одно и то же место в периодической системе элементов. Термин «изотоп» был введен в 1910 г. Фредериком Содди, известным английским радиохимиком, лауреатом Нобелевской премии. Различают стабильные (устойчивые) и нестабильные (радиоактивные) изотопы.

С момента открытия изотопов наибольший интерес вызвали радиоактивные изотопы, которые стали широко использоваться в атомной энергетике, приборостроении, медицине и т.д. В настоящее время выпускается огромное количество различных приборов, содержащих радиоактивные изотопы. Они служат для определения плотности, однородности, гигроскопичности и других характеристик материалов.

Довольно широко используется *метод меченых атомов,* который позволяет проследить за перемещением химических соединений при физических, химических и биологических процессах Для этого в исследуемое вещество вводятся радиоактивные изотопы определенных элементов и ведется наблюдение за их продвижением. Так можно проследить за превращением веществ как в доменной печи, так и в живом организме. Например, с помощью изотопа кислорода-18 стало возможным выяснение механизма дыхания живых организмов.

В медицине с помощью радиоактивных изотопов лечат многие заболевания, в том числе онкологические. Кроме того, батареи небольшой мощности на изотопах плутония-238 и кюрия-224 применяются в приборах для стабилизации ритма сердца. В химической промышленности изотопы используются для облучения полиэтилена и других полимеров с целью повышения их термостойкости и прочности.

Таким образом, правильное использование радиоактивных изотопов приносит несомненную пользу человечеству. К сожалению, в последнее время об этом стали забывать, все меньше доверяя радиации, которая ассоциируется с атомной бомбой или Чернобыльской катастрофой. Забыты те времена, когда радиоактивность и рентгеновское излучение были только что открыты и их посчитали панацеей в медицине. Мало кто помнит о том, что в начале XX в. в свободной продаже были радиевые подушки, радиоактивная зубная паста и косметика, считавшиеся полезными для здоровья. Уже в 20—30-е гг. XX в. появились первые свидетельства того, что радиоактивное излучение неблагоприятно влияет на живые организмы, вызывая генетические изменения — мутации, а также различные виды онкологических заболеваний. Последствия атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки подтвердили эти выводы. Поэтому современная медицина двойственно относится к радиации. С одной стороны, говорится, что только в малых дозах радиация безопасна (в природе существует естественный радиоактивный фон), с другой — продолжают использовать рентгеновское обследование и лучевую терапию в лечебных целях.

Концепция химических соединений

Долгое время химики эмпирическим путем определяли, что относится к химическим соединениям, а что — к простым телам или

смесям. Еще в начале XIX в. Ж. Пруст сформулировал *закон постоянства состава,* в соответствии с которым любое индивидуальное химическое соединение обладает строго определенным, неизменным составом — прочным притяжением составных частей (атомов) и тем самым отличается от смесей. Также Пруст установил, что всякое чистое вещество независимо от его происхождения и способа получения имеет один и тот же состав.

Теоретическое обоснование закона Пруста было дано Дж. Дальтоном в *законе кратных отношений.* Согласно этому закону состав любого вещества можно представить как простую формулу, а эквивалентные составные части молекулы — атомы, обозначавшиеся соответствующими символами, могли замещаться на другие атомы.

После этого долго считали, что состав химического соединения может быть только постоянным. Но дальнейшее развитие химии и изучение все большего числа соединений приводили химиков к мысли, что наряду с веществами, имеющими постоянный состав, существуют еще и соединения переменного состава, или бертоллиды. В результате были переосмыслены представления о молекуле в целом. Молекулой, как и прежде, продолжали называть наименьшую частичку вещества, способную определять его свойства и существовать самостоятельно. Но в XX в. была понята сущность химической связи, которая стала пониматься как вид взаимодействия между атомами и атомно-молекулярными частицами, обусловленный совместным использованием их электронов. Существуют кова-лентные полярные, ковалентные неполярные ионные, водородные и металлические химические связи, отличающиеся характером физического взаимодействия частиц между собой.

Поэтому теперь под **химическим соединением** понимают определенное вещество, состоящее из одного или нескольких химических элементов, атомы которых за счет взаимодействия друг с другом объединены в частицу, обладающую устойчивой структурой — молекулу, комплекс, монокристалл или иной агрегат.

Проблема создания новых материалов

На сегодняшний день науке известно 110 химических элементов, но по удельному весу они распределены крайне неравномерно. Так, 98,6% массы физически доступного слоя Земли составляют всего восемь химических элементов: кислород (47%), кремний (27,5), алюминий (8,8), железо (4,6), кальций (3,6), натрий (2,6), калий (2,5), магний (2,1). Однако все эти элементы используются непропорционально. Например, железа содержится в Земле в два

раза меньше, чем алюминия. Однако для более 95% всех металлических изделий изготавливаются из железорудного сырья. Поэтому для современной химии важнейшей задачей является рациональное использование имеющихся ресурсов. Для этого нужно использовать химические элементы в производстве в соответствии с их реальными ресурсами в природе, заменить дефицитное сырье имеющимся в изобилии, утилизировать отходы и использовать вторичное сырье.

Сегодня на смену старым материалам приходят новые. Это связано с тем, что новые материалы более эффективны, чем старые. Кроме того, нужно искать заменители традиционным видам сырья. Поэтому исследования ученых направлены на изучение и использование силикатов, которые составляют 97% массы земной коры. Именно они должны стать основным сырьем для производства всех строительных материалов и полуфабрикатов при изготовлении керамики, способной конкурировать с металлами.

Внимание химиков к металлам и керамике не случайно, именно они составляют на 90% современную материально-техническую базу производства. В мире ежегодно выплавляется около 600 млн. т металла — более 150 кг на каждого жителя планеты. Примерно столько же производится и керамики вместе с кирпичом. Но металлов не так много, кроме того, их изготовление обходится в сотни и тысячи раз дороже, чем получение керамики. Разница в их стоимости до недавнего времени никого особенно не волновала, так как каждый материал имел свое строго определенное назначение. Однако благодаря развитию химии открывается все больше возможностей для замены металла керамикой. Очевидное преимущество керамики состоит в том, что ее плотность на 40% ниже, чем плотность металлов. Это позволяет соответственно снизить массу изготовляемых из керамики деталей. А используя в производстве керамики такие химические элементы, как цирконий, титан, бор, германий, хром, молибден, вольфрам и др., можно получать керамические изделия с заранее заданными свойствами.

Так, стекло долгое время использовалось лишь в качестве украшений, из него изготавливались бусины. Затем из стекла стали изготавливать посуду, оконные стекла и т.д. К XX в. научились уже выплавлять стекло более 800 разновидностей, из него делали около 43 тысяч различных изделий. Но стекло обладало серьезным недостатком — оно было хрупким, изделия из него легко бились и ломались. Поэтому важнейшей задачей ученых и инженеров в XX в. стало получение небьющегося стекла. Это стало возможным после того, как в 20—30-е гг. XX в. была выяснена его структура. После этого появилась возможность делать стекло не только небьющимся, но и жаропрочным, способным выдерживать перепады температур от 1000°C до комнатной температуры. Кроме того, было получено стек-

ло, которое можно обрабатывать, как обычный металл. А композиционные материалы, изготовленные из химически обработанного стекла со слоями пластика, обладают прочностью металла (бронестекло). Стекла с напыленным на них тонким слоем металла летом задерживают лучи палящего солнца, а зимой сохраняют тепло.

Производится огромное количество стекловолокнистых материалов, которые используются для армирования, отделки, склеивания, декорирования, изолирования и т.п. Кроме того, стекловолокно используется в качестве светопровода, по которому можно передать большое количество информации.

Если традиционное стекло является хорошим изолятором, то в последнее время появилось стекло с полупроводниковыми свойствами, которое изготавливается методом тонкопленочной технологии. Таким образом, область применения стекла постоянно расширяется, традиционный материал приобрел новые свойства.

Меняют в наши дни свои свойства и силикатные и керамические материалы, также давно известные человеку. 90% всех производимых в мире строительных материалов приходится на силикаты. К ним относятся давно известные человеку (со времен этрусков) бетон и цемент, а также современные материалы — высокопрочный полимер-бетон; огнеупорный бетон, выдерживающий температуру до 1800°С; легкий бетон, в который можно забивать гвозди; бетон с высокими теплоизолирующими свойствами; бетон с малым влагопоглощением.

Традиционная керамика — это фаянс, фарфор, каменная керамика, которую получают из смеси глины, кварца и полевого шпата, обработанной при высокой температуре. Из керамики изготавливаются кирпичи разных видов, изоляторы, а также различные виды посуды. В последнее время была получена керамика высокой термической и коррозионной стойкости и прочности. Некоторые керамические материалы начинают разрушаться только при температуре выше *1600°С.* В сосудах из такой керамики можно плавить металлы, из нее можно делать камеры сгорания для космических ракет и детали для металлорежущих инструментов. А в начале 90-х гг. XX в. был синтезирован керамический материал на основе оксидов меди, обладающий свойством высокотемпературной сверхпроводимости — он переходит в сверхпроводящее состояние при 170 К.

В XX в. наряду с традиционными материалами появились новые — полимерные и синтетические. Они находят все большее применение, потеснив традиционные материалы.

На основе природных и синтетических полимеров получают пластмассы — материалы, способные приобретать заданную форму при нагревании под давлением и устойчиво сохранять ее после охлаждения. Области применения полимеров весьма разнообразны — от текстильной промышленности до микроэлектроники. Главное достоинство этих материалов — их дешевизна и легкость в переработке.

Кроме того, созданы пластмассы, способные заменить металлы, термостойкие пластмассы для авиационной и ракетной техники. Все больше пластмасс используется в строительстве — пластмассовые рамы, облицовочные материалы, кровля и т.д. Существуют проекты создания полностью пластмассовых автомобилей, т.е. доля пластмасс по сравнению с металлами становится все больше.

Настоящая революция произошла в текстильной промышленности, в которой увеличивается доля искусственных тканей и синтетических материалов. Более 50% современных волокон производится из материалов, синтезированных за последние полвека, — вискозы, полиамида, полиакрилонитрила и полиэфиров. Разработаны технологии химической обработки и отделки тканей из натуральных волокон — обработка шерсти для обеспечения устойчивости против моли, уменьшение усадки материала и придание ему несминаемости, обеспечение антистатических, антимикробных и гря-зеотталкивающих свойств.

В настоящее время химики работают над созданием нового поколения искусственных волокон со свойствами, максимально приближенными к естественным материалам. Уже созданы ткани, обладающие высокой степенью защиты от солнечных лучей. Производятся ткани, обладающие лучшими свойствами льна, хлопка, шерсти. Появились микроволокна с диаметром в десять раз тоньше волоса. Они позволяют ткать материалы мягкие, защищающие от сырости, но пропускающие при этом воздух к телу. Пустотелые волокна, также разработанные химиками, лучше противостоят холоду. Есть волокна с триклозаном — веществом, останавливающим размножение микробов. Одной из разновидностей синтетических тканей является кевлар — материал, который в пять раз прочнее на разрыв, чем сталь. Он идет на изготовление пуленепробиваемых жилетов, курток и т.д. Создание космических скафандров — также заслуга химиков. В ткань скафандра встроены миллионы микроскопических капсул с парафином, которые при нагревании плавятся и отбирают тепло у веществ, находящихся рядом, а при охлаждении отвердевают и выделяют тепло, согревающее космонавта.

Синтез уникальных материалов заставляет по-новому исследовать все химические элементы и накапливать данные для производства новых материалов.

8.3. Второй уровень химического знания. Структурная химия

Многочисленные эксперименты по изучению свойств химических элементов в первой половине XIX в. привели ученых к убеж-

дению, что свойства веществ и их качественное разнообразие обусловлены не только составом элементов, но и структурой их молекул. К этому времени мануфактурное производство сменилось фабричным, опирающимся на машинную технику и широкую сырьевую базу. В химическом производстве стала преобладать переработка огромных масс вещества растительного и животного происхождения. Качественное разнообразие данных веществ потрясающе велико — сотни тысяч химических соединений, состав которых, тем не менее, крайне однообразен, так как они состоят из нескольких элементов-органогенов. Это — углерод, водород, кислород, сера, азот, фосфор. Объяснение необычайно широкому разнообразию органических соединений при столь бедном элементном составе было найдено в явлениях, получивших названия изомерии и полимерии. Так было положено начало второму уровню развития химических знаний, который получил название *структурной химии.*

Структурная химия стала более высоким уровнем по отношению к учению о составе вещества. При этом химия из науки преимущественно аналитической превратилась в науку синтетическую. Главным достижением этого этапа развития химии стало установление связи между структурой молекул и реакционной способностью веществ.

Сам термин «структурная химия» — понятие условное. В нем, прежде всего, подразумевается такой уровень химических знаний, при котором, комбинируя атомы различных химических элементов, можно создать структурные формулы любого химического соединения. Возникновение структурной химии означало, что появилась возможность для целенаправленного качественного преобразования веществ, создания схемы синтеза любых химических соединений, в том числе и ранее неизвестных.

Основы структурной химии были заложены еще Дж. Дальтоном, который показал, что любое химическое вещество представляет собой совокупность молекул, состоящих из определенного количества атомов одного, двух или трех химических элементов. Затем И. Бер-целиус выдвинул идею, что молекула представляет собой не простое нагромождение атомов, а определенную упорядоченную структуру атомов, связанных между собой электростатическими силами. Как позже показал химик Ш. Жерар, это утверждение было верно не всегда, поэтому еще в середине XIX в. структура молекул оставалась загадочной.

В 1857 г. немецкий химик А. Кекуле опубликовал свои наблюдения о свойствах некоторых элементов, могущих заменять атомы водорода в ряде соединений, и ввел новый термин — *сродство.* Он стал обозначать количество атомов водорода, которые может заместить данный химический элемент. Число единиц сродства, прису-

щее данному химическому элементу, Кекуле назвал *вагентностью.* При объединении атомов в молекулу происходило замыкание свободных единиц сродства. Таким образом, понятие «структура молекулы» свелось к построению наглядных формульных схем, которые служили химикам руководством в их практической работе, показывали, какие исходные вещества нужно брать для получения конечного продукта.

Структурная химия позволяет наглядно демонстрировать валентность химических элементов как число единиц сродства, присущих атому: =С=; -О-; Н-. Комбинируя атомы различных химических элементов с их единицами сродства, можно создать структурные формулы любого химического соединения. А это означает, что химик в принципе может создавать план синтеза любого химического соединения — как уже известного, так и еще неоткрытого. То есть химик может прогнозировать получение неизвестного соединения и проверить свой прогноз синтезом.

К сожалению, схемы Кекуле не всегда можно было осуществить на практике. Часто придуманная химиками реакция, которая должна была привести к получению вещества с нужной структурной формулой, не происходила. Это было вызвано тем, что подобные формальные схемы не учитывали реакционной способности веществ, вступавших в химическую реакцию.

Поэтому важнейшим шагом в развитии структурной химии стало создание *теории химического строения органических соединений* русским химиком А.М. Бутлеровым. Бутлеров вслед за Кекуле признавал, что образование молекул из атомов происходит за счет замыкания свободных единиц сродства, но при этом он указывал на то, с какой энергией (большей или меньшей) это сродство связывает вещества между собой. Иными словами, Бутлеров впервые в истории химии обратил внимание на энергетическую неравноценность разных химических связей. Эта теория позволила строить структурные формулы любого химического соединения, так как показывала взаимное влияние атомов в структуре молекулы, а через это объясняла химическую активность одних веществ и пассивность других. Кроме того, она указывала на наличие активных центров и активных группировок в структуре молекул.

В XX в. структурная химия получила дальнейшее развитие. В частности, было уточнено понятие структуры, под которой стали понимать устойчивую упорядоченность качественно неизменной системы. Также было введено понятие *атомной структуры* — устойчивой совокупности ядра и окружающих его электронов, находящихся в электромагнитном взаимодействии друг с другом, и *молекулярной структуры* — сочетания ограниченного числа атомов, имеющих закономерное расположение в пространстве и связанных друг с другом химической связью с помощью валентных электронов.

На основе достижений структурной химии у исследователей появилась уверенность в положительном исходе экспериментов в области органического синтеза. Сам термин «органический синтез» появился в 1860—1880-е гг. и стал обозначать целую область науки, названную так в противоположность общему увлечению анализом природных веществ. Этот период в химии был назван триумфальным шествием органического синтеза. Химики гордо заявляли о своих ничем не сдерживаемых возможностях, обещая синтезировать из угля, воды и воздуха все самые сложные тела, вплоть до белков, гормонов и пр. И действительность, казалось, подтверждала эти заявления: за вторую половину XIX в. число органических соединений за счет вновь синтезированных возросло с полумиллиона до двух миллионов.

В это время появились всевозможные азокрасители для текстильной промышленности, различные препараты для фармации, искусственный шелк и т.д. До этого подобные материалы добывались в ограниченных количествах и с огромными затратами низкопроизводительного, преимущественно сельскохозяйственного, труда.

Современная структурная химия достигла больших результатов. Синтез новых органических веществ позволяет получить полезные и ценные материалы, отсутствующие в природе. Так, ежегодно в мире синтезируют тысячи килограммов аскорбиновой кислоты (витамина С), множество новых лекарств, среди которых — безвредные антибиотики, лекарства против гипертонии, язвенной болезни и др.

Самым последним достижением структурной химии является открытие совершенно нового класса металлорганических соединений, которые за свою двухслойную структуру получили название «сэндвичевых» соединений. Молекула этого вещества представляет собой две пластины из соединений водорода и углерода, между которыми находится атом какого-либо металла.

Исследования в области современной структурной химии идут по двум перспективным направлениям:

1) синтез кристаллов с максимальным приближением к идеальной решетке для получения материалов с высокими техническими показателями: максимальной прочностью, термической стойкостью, долговечностью в эксплуатации и др.;

2) создание кристаллов с заранее запрограммированными дефектами кристаллической решетки для производства материалов с заданными электрическими, магнитными и другими свойствами.

Решение каждой из этих проблем имеет свои сложности. Так, для решения первой проблемы необходимо соблюдение таких условий выращивания кристаллов, которые исключали бы воздействие на процесс всех внешних факторов, в том числе и поля гравитации (земного притяжения). Поэтому кристаллы с заданными свойства-

ми выращиваются на орбитальных станциях в космосе. Решение второй проблемы затруднено тем, что, наряду с запрограммированными дефектами, практически всегда образуются и нежелательные нарушения.

Тем не менее, классическая структурная химия была ограничена рамками сведений только о молекулах вещества, находящегося в дореакционном состоянии. Этих сведений недостаточно для того, чтобы управлять процессами превращения вещества. Так, согласно структурным теориям должны быть вполне осуществимы многие химические реакции, которые на практике не происходят. Большое количество реакций органического синтеза, основанных лишь на принципах структурной химии, имеют столь низкие выходы продукции и такие большие отходы в виде побочных продуктов, что не могут быть использованы в промышленности. К тому же подобный синтез требовал в качестве исходного сырья дефицитных активных реагентов и сельскохозяйственной продукции, в том числе и пищевой, что крайне невыгодно в экономическом отношении.

Поэтому изумление успехами структурной химии было недолгим. Интенсивное развитие автомобилестроения, авиации, энергетики, приборостроения в первой половине XX в. выдвинуло новые требования к производству материалов. Необходимо было получить высокооктановое моторное топливо, специальные синтетические каучуки, пластмассы, высокостойкие изоляторы, жаропрочные органические и неорганические полимеры, полупроводники. Для получения этих материалов способ решения основной проблемы химии, основанный на учении о составе и структурных теориях, был явно недостаточен. Он не учитывал резких изменений свойств вещества в результате влияния температуры, давления, растворителей и многих других факторов, воздействующих на направление и скорость протекания химических процессов. Учет и использование этих факторов вывело химию на новый качественный уровень ее развития.

8.4. Третий уровень химического знания. Учение о химическом процессе

Под влиянием новых требований производства возникло учение о химических процессах, в котором учитывается изменение свойств вещества под влиянием температуры, давления, растворителей и других факторов. После этого химия становится наукой уже не только и не столько о веществах как законченных предметах, но и наукой о процессах и механизмах изменения вещества. Благодаря этому она обеспечила создание производства синтетических материалов, заменяющих дерево и металл в строительных работах, пи-

щевое сырье в производстве олифы, лаков, моющих средств и смазочных материалов. Производство искусственных волокон, каучу-ков, этилового спирта и многих растворителей стало базироваться на нефтяном сырье, а производство азотных удобрений — на основе азота воздуха. Появилась технология нефтехимических производств с ее поточными системами, обеспечивающими непрерывные высокопроизводительные процессы.

Так, еще в 1935 г. такие материалы, как кожа, меха, резина, волокна, моющие средства, олифа, лаки, уксусная кислота, этиловый спирт, производились всецело из животного и растительного сырья, в том числе из пищевого. На это расходовались десятки миллионов тонн зерна, картофеля, жиров, сырой кожи и т.д. Но уже в 1960-е гг. 100% технического спирта, 80% моющих средств, 90% олифы и лаков, 40% волокон, 70% каучука и около 25% кожевенных материалов изготовлялись на основе газового и нефтяного сырья. Помимо этого, химия дает ежегодно сотни тысяч тонн мочевины и нефтяного белка в качестве корма скоту и около 200 млн. т удобрений.

Столь впечатляющие успехи были достигнуты на основе учения о химических процессах — области науки, в которой осуществлена наиболее глубокая интеграция физики, химии и биологии. В основу данного учения положены химическая термодинамика и кинетика, поэтому этот раздел науки в равной степени принадлежит физике и химии. Одним из основоположников этого научного направления стал русский химик Н.Н. Семенов — лауреат Нобелевской премии, основатель химической физики. Он в своей Нобелевской лекции 1965 г. заявил, что химический процесс — это то основное явление, которое отличает химию от физики, делает ее более сложной наукой. Химический процесс становится первой ступенью при восхождении от таких относительно простых физических объектов, как электрон, протон, атом, молекула, к сложным, многоуровневым живым системам. Ведь любая клетка живого организма, по существу, представляет собой своеобразный сложный реактор. Поэтому химия становится мостом от объектов физики к объектам биологии.

Учение о химических процессах базируется на идее, что способность к взаимодействию различных химических реагентов определяется кроме всего прочего и условиями протекания химических реакций. Эти условия могут оказывать воздействие на характер и результаты химических реакций.

Подавляющее большинство химических реакций находится во власти стихии. Конечно, есть реакции, которые не требуют особых средств управления или особых условий. Таковы всем известные реакции кислотно-основного взаимодействия (нейтрализации). Однако подавляющее большинство реакций являются трудноконтро-лируемыми. Есть реакции, которые просто не удается осуществить,

хотя они в принципе осуществимы. Существуют реакции, которые трудно остановить: горения и взрывы. И, наконец, встречаются реакции, которые трудно ввести в одно желательное русло, так как они самопроизвольно создают десятки непредвиденных ответвлений с образованием сотен побочных продуктов. Поэтому важнейшей задачей для химиков становится умение управлять химическими процессами, добиваясь нужных результатов.

В самом общем виде методы управления химическими процессами можно подразделить на термодинамические и кинетические. *Термодинамические методы* влияют на смещение химического равновесия реакции. *Кинетические методы* влияют на скорость протекания химической реакции.

Выделение химической термодинамики в самостоятельное направление обычно связывают с появлением в 1884 г. книги голландского химика Я. Вант-Гоффа «Очерки по химической динамике». В ней обоснованы законы, устанавливающие зависимость направления химической реакции от изменения температуры и теплового эффекта реакции. Энергетика химических процессов тесно связана с законами термодинамики. Химические реакции, протекающие с выделением энергии, называются *экзотермическими реакциями.* В них энергия высвобождается одновременно с уменьшением внутренней энергии системы. Существуют также *эндотермические реакции,* протекающие с поглощением энергии. В этих реакциях идет повышение внутренней энергии системы за счет притока тепла. Измеряя количество энергии, выделяющейся при реакции (тепловой эффект химической реакции), можно судить об изменении внутренней энергии системы.

Тогда же французский химик А. Ле-Шателье сформулировал свой знаменитый принцип подвижного равновесия, вооружив химиков методами смещения равновесия в сторону образования целевых продуктов. Эти методы управления и получили название термодинамических методов.

Каждая химическая реакция в принципе обратима, но на практике равновесие смещается в ту или иную сторону. Это зависит как от природы реагентов, так и от условий протекания процесса. Существует много реакций, равновесие в которых смещено в сторону образования конечных продуктов: к ним относятся реакция нейтрализации, реакции с удалением готовых продуктов в виде газов или осадков.

Однако существует немало химических реакций, равновесие в которых смещено влево, в сторону образования исходных веществ. Чтобы их осуществить, требуются особые термодинамические рычаги — увеличение температуры и давления (если реакция происходит

в газовой фазе), а также концентрации реагирующих веществ (если реакция протекает в жидкой фазе).

Термодинамические методы преимущественно влияют на направление химических процессов, а не на их скорость. Управлением скоростью химических процессов занимается химическая кинетика, в которой изучается зависимость протекания химических процессов от различных структурно-кинетических факторов — строения исходных реагентов, их концентрации, наличия в реакторе катализаторов и других добавок, способов смешения реагентов, материала и конструкции реактора и т.п.

Задача исследования химических реакций является очень сложной. Ведь при ее решении необходимо выяснить механизм взаимодействия не просто двух реагентов, а еще и «третьих тел», которых может быть несколько. В этом случае наиболее целесообразно поэтапное решение, при котором вначале выделяется наиболее сильное действие какого-нибудь одного из «третьих тел», чаще всего катализатора.

Кроме того, следует понять, что практически все химические реакции представляют собой отнюдь не простое взаимодействие исходных реагентов, а сложные цепи последовательных стадий, где реагенты взаимодействуют не только друг с другом, но и со стенками реактора, могущими как катализировать (ускорять), так и инги-бировать (замедлять) процесс.

Также на интенсивность химических процессов оказывают влияние случайные примеси. Вещества различной степени чистоты проявляют себя в одних случаях как более активные реагенты, а в других — как инертные. Примеси могут оказывать как каталитическое, так и ингибирующее воздействие. Поэтому для управления химическим процессом в реагирующие вещества вносятся те или иные добавки.

Таким образом, влияние «третьих тел» на ход химических реакций может быть сведено к катализу, т.е. положительному воздействию на химический процесс, или ингибированию, сдерживающему процесс.

Как уже отмечалось выше, способность химических элементов к взаимосвязи определяется не только их молекулярной структурой, но и условиями, при которых происходит соединение. Эти условия оказывают воздействие на результат химических реакций. Наибольшее воздействие испытывают при этом вещества с переменным составом, у которых связи между отдельными компонентами слабее. Именно на реакцию таких веществ оказывают сильное влияние различные катализаторы.

Катализ — ускорение химической реакции в присутствии особых веществ — катализаторов, которые взаимодействуют с реагентами, но

в реакции не расходуются и не входят в состав конечных продуктов. Катализ был открыт в 1812 г. русским химиком К.С. Кирхгофом. Каталитические процессы различаются по своей физической и химической природе на следующие типы:

- *гетерогенный* катализ — химическая реакция взаимодействия жидких или газообразных реагентов идет на поверхности твердого катализатора;
- *гомогенный* катализ — химическая реакция идет либо в газовой смеси, либо в жидкости, где растворены как катализатор, так и реагенты;
- *электрокатализ* — реакция идет на поверхности электрода в контакте с раствором и под действием электрического тока;
- *фотокатализ* — реакция идет на поверхности твердого тела или в жидком растворе и стимулируется энергией поглощенного излучения.

Наибольшее распространение имеет гетерогенный катализ, — с его помощью осуществляется 80% всех каталитических реакций в современной химии.

Применение катализаторов послужило основанием коренной ломки всей химической промышленности. Благодаря им стало возможным использовать в качестве сырья для органического синтеза парафины и циклопарафины, до сих пор считавшиеся «химическими мертвецами». Катализ необходим при производстве маргарина, многих пищевых продуктов, а также средств защиты растений. Почти вся промышленность основной химии (производство неорганических кислот, оснований и солей) и «тяжелого» органического синтеза, включая получение горюче-смазочных материалов, базируется на катализе. Последнее время тонкий органический синтез становится все более каталитическим. 60—80% всей химии основано на каталитических процессах. Химики не без основания говорят, что некаталитических процессов вообще не существует, поскольку все они протекают в реакторах, материал стенок которых служит своеобразным катализатором.

Долгое время сам катализ оставался загадкой природы, вызывая к жизни самые разнообразные теории, как чисто химические, так и физические. Эти теории, даже будучи ошибочными, оказывались полезными хотя бы потому, что наталкивали ученых на новые эксперименты. Все дело в том, что для большинства промышленно важных химических процессов катализаторы подбирались путем бесчисленных проб и ошибок. Так, например, для реакции синтеза аммиака в 1913—1914 гг. немецкие химики испробовали в качестве катализаторов более 20 тысяч химических соединений, следуя периодической системе элементов и разнооообразно сочетая их.

Сегодня можно сделать некоторые выводы о сущности катализа.

1. Реагирующие вещества вступают в контакт с катализатором, взаимодействуют с ним, в результате чего происходит ослабление химических связей. Если реакция происходит в отсутствие катализатора, то активация молекул реагирующих веществ должна происходить за счет подачи в реактор энергии извне.

2. В общем случае любую каталитическую реакцию можно представить проходящей через промежуточный комплекс, в котором происходит перераспределение ослабленных химических связей.

3. В подавляющем большинстве случаев в качестве катализаторов выступают соединения бертоллидного типа с переменным составом, отличающиеся наличием ослабленных химических связей или даже свободных валентностей, что придает им высокую химическую активность. Молекулы соединений бертоллидного типа содержат широкий набор энергетически неоднородных связей или даже свободные атомы на поверхности.

4. Следствиями взаимодействия реагентов с катализатором являются ход реакции в заданном направлении и увеличение скорости реакции, так как на поверхности катализатора увеличивается число встреч реагирующих молекул. Кроме того, катализатор захватывает некоторую часть энергии экзотермической реакции для энергетической подпитки все новых актов реакции и ее общего ускорения.

На современном этапе своего развития химия открыла множество эффективных катализаторов. Среди них — ионнообменные смолы, металлорганические соединения, мембранные катализаторы. Каталитическими свойствами обладают многие химические элементы периодической системы, но важнейшую роль играют металлы платиновой группы и редкоземельные металлы.

С участием катализаторов скорость некоторых реакций возрастает в 10 млрд. раз. Есть катализаторы, позволяющие не просто контролировать состав конечного продукта, но и способствующие образованию молекул определенной формы, что сильно влияет на физические свойства продукта (твердость, пластичность).

В современных условиях одно из важнейших направлений развития учения о химических процессах — создание методов управления этими процессами, поэтому химическая наука занимается разработкой таких проблем, как химия плазмы, радиационная химия, химия высоких давлений и температур.

Химия плазмы изучает химические процессы в низкотемпературной плазме при температурах от 1000 до 10 000°С. Такие процессы характеризуются возбужденным состоянием частиц, столкновением молекул с заряженными частицами и очень высокими скоростями протекания химических реакций. В плазмохимических процессах скорость перераспределения химических связей очень высока: длительность элементарных актов химических превращений составляет

около 10^{-13} с при почти полном отсутствии обратимости реакции. Скорость аналогичных химических процессов в обычных реакторах из-за обратимости снижается в тысячи раз. Поэтому плазмохимические процессы очень производительны. Например, производительность метанового плазмохимического реактора (его размеры: длина — 65 см, диаметр — 15 см) составляет 75 т ацетилена в сутки. В этом реакторе при температуре 3000—3500°С за одну десятитысячную долю секунды около 80% метана превращается в ацетилен.

Плазменная химия в последнее время все больше внедряется в промышленное производство. Уже созданы технологии производства сырья для порошковой металлургии, разработаны методы синтеза для целого ряда химических соединений. В 1970-е гг. были созданы плазменные сталеплавильные печи, позволяющие получать самые высококачественные металлы. Разработаны методы ионно-плазменной обработки поверхности инструментов, износостойкость которых увеличивается в несколько раз.

Плазмохимия позволяет синтезировать ранее неизвестные материалы, такие, как металлобетон, в котором в качестве связующего элемента используются различные металлы. Металлобетон образуется при сплавлении частиц горной породы и прочном сжатии их с металлом. По своим качествам он превосходит обычный бетон в десятки и сотни раз.

Одним из самых молодых направлений в исследовании химических процессов является *радиационная химия,* которая зародилась во второй половине XX в. Предметом ее разработок стали превращения самых разнообразных веществ под воздействием ионизирующих излучений. Источниками ионизирующего излучения служат рентгеновские установки, ускорители заряженных частиц, ядерные реакторы, радиоактивные изотопы. В результате радиационно-химических реакций вещества получают повышенную термостойкость и твердость.

Наиболее важными процессами радиационно-химической технологии являются полимеризация, вулканизация, производство композиционных материалов, в том числе получение полимербетонов путем пропитки обычного бетона каким-либо полимером с его последующим облучением. Такие бетоны имеют в четыре раза более высокую прочность, обладают водонепроницаемостью и высокой коррозионной стойкостью.

Принципиально новой и исключительно важной областью учения о химических процессах является *самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких и керамических материалов.* Обычно их производство осуществляется методом порошковой металлургии, суть которого заключается в прессовании и сжатии при высокой температуре (1200—2000°С) металлических порошков. Са-

мораспространяющийся синтез происходит гораздо проще: он основан на горении одного металла в другом или горении металла в азоте, углероде, кремнии и т.п.

Давно известно, что процесс горения представляет собой соединение кислорода с горючим веществом, поэтому горение — это реакция окисления горючего вещества. При этом происходит перемещение электронов от атомов окисляемого вещества к атомам кислорода. С этой точки зрения горение возможно не только в кислороде, но и в других окислителях. На этом выводе и основан самораспространяющийся высокотемпературный синтез — тепловой процесс горения в твердых телах. Он представляет собой, например, горение порошка титана в порошке бора, или порошка циркония в порошке кремния. В результате такого синтеза получаются сотни тугоплавких соединений самого высокого качества.

Очень важно, что данная технология не требует громоздких процессов, отличается высокой технологичностью и легко поддается автоматизации.

Еще одна область развития учения о химических процессах — *химия высоких и сверхвысоких давлений.* Химические превращения веществ при давлениях выше 100 атм относятся к химии высоких давлений, а при давлениях выше 1000 атм — к химии сверхвысоких давлений. Высокие давления в химии используются с начала XX в. — аммиачное производство осуществлялось при давлении 300 атм и температуре 600°С. Но в последнее время используются установки, в которых достигается давление 5000 атм, а испытания проводятся при давлении 600 000 атм, которое достигается за счет ударной волны при взрыве в течение миллионной доли секунды. При ядерных взрывах возникают еще более высокие давления.

При высоком давлении сближаются и деформируются электронные оболочки атомов, что ведет к повышению реакционной способности веществ. При давлении 10^2—10^3 атм исчезает различие между жидкой и газовой фазами, а при 10^3—10^5 атм — между твердой и жидкой фазами. При высоком давлении сильно меняются физические и химические свойства веществ. Например, при давлении 20 000 атм металл становится эластичным, как каучук. Обычная вода при высоких температуре и давлении становится химически активной. С повышением давления многие вещества переходят в металлическое состояние. Так, в 1973 г. ученые наблюдали металлический водород при давлении 2,8 млн. атм.

Одним из важнейших достижений химии сверхвысоких давлений стал синтез алмазов. Он идет при давлении 50 000 атм и температуре 2000°С. При этом графит кристаллизуется в алмазы. Также алмазы можно синтезировать и с применением ударных волн. В последнее время ежегодно производятся тонны синтетических ал-

мазов, которые лишь незначительно отличаются от природных по своим свойствам. Получающиеся алмазы используются для промышленных целей — в режущем и буровом оборудовании. Удалось синтезировать черные алмазы — карбонадо, которые тверже природных алмазов. Они используются для обработки самих алмазов.

В настоящее время налажено промышленное производство не только искусственных алмазов, но и других драгоценных камней — корунда (красного рубина), изумруда и др. При высоких давлениях синтезируют и другие материалы, отличающиеся высокой термостойкостью. Так, из нитрида бора при давлении 100 000 атм и температуре 2000°С синтезирован боразон — материал, пригодный для сверления и шлифования деталей из чрезвычайно твердых материалов при очень высоких температурах.

8.5. Четвертый уровень химического знания. Эволюционная химия

В 60—70-е гг. XX в. появился четвертый способ решения основной проблемы химии, открывающий пути для использования в производстве материалов самых высокоорганизованных химических систем, какие только возможны в настоящее время. В основе этого способа лежит принцип использования в процессах получения целевых продуктов таких условий, которые приводят к самосовершенствованию катализаторов химических реакций, т.е. к самоорганизации химических систем. В сущности, речь идет об использовании химического опыта живой природы. Химический реактор предстает как некое подобие живой системы, для которой характерны саморазвитие и определенные черты поведения. Так появилась эволюционная химия как высший уровень развития химического знания.

Под **эволюционными процессами** в химии понимают процессы самопроизвольного (без участия человека) синтеза новых химических соединений, являющихся более сложными и высокоорганизованными продуктами по сравнению с исходными веществами.

Поэтому эволюционную химию заслуженно считают предбиологией, наукой о самоорганизации и саморазвитии химических систем.

До последней трети XX в. об эволюционной химии ничего не было известно. В отличие от биологов, которые вынуждены были использовать эволюционную теорию Дарвина для объяснения происхождения многочисленных видов растений и животных, вопрос о происхождении вещества для химиков не представлял интереса, поскольку получение любого нового химического индивида всегда

было делом рук и разума человека. Молекулы новых химических соединний конструировались по законам структурной химии из атомов и атомных групп, как здание из кирпичей. Живые же организмы из блоков собрать было нельзя. Но изучение и освоение опыта живой природы было давней мечтой ученых.

Первые шаги на этом пути были сделаны еще И. Берцелиусом, который установил, что в основе функционирования живого организма лежит биокатализ. Затем исследования в этом направлении велись Ю. Либихом, П. Бертло и, наконец, Н.Н. Семеновым. Работы этих ученых способствовали укреплению связи химии с биологией.

Постепенное развитие науки в XIX в., приведшее к раскрытию структуры атома и детальному познанию строения и состава клетки, открыло перед химиками и биологами практические возможности совместной работы над химическими проблемами учения о клетке. На повестке дня стояло изучение характера химических процессов в живых тканях, обусловленность биологических функций химическими реакциями.

Как было установлено учеными в XIX в., основой исключительной эффективности биологических процессов является биокатализ. Поэтому химики ставят своей целью создать новую химию, основанную на каталитическом опыте живой природы. Они стремятся к новым принципам управления химическими процессами, в которых будет применяться синтез себе подобных молекул, по принципу ферментов будут созданы катализаторы с таким разнообразием качеств, которые далеко превзойдут существующие в нашей промышленности до сих пор.

Несмотря на то, что ферменты обладают общими свойствами, присущими всем катализаторам, тем не менее, они не тождественны последним, поскольку функционируют в рамках живых систем. Поэтому все попытки использовать опыт живой природы для ускорения химических процессов в неорганическом мире сталкиваются с серьезными ограничениями. Пока речь может идти только о моделировании некоторых функций ферментов и использовании этих моделей для теоретического анализа деятельности живых систем. Также возможно частичное практическое применение выделенных ферментов для ускорения некоторых химических реакций. Для этого нужно изучить весь каталитический опыт живой природы, в том числе и опыт формирования самого фермента, клетки и даже организма. На этой основе и возникла эволюционная химия как новая наука, пролагающая пути принципиально новой химической технологии, способной стать аналогом живых систем.

Таким образом, возникновению эволюционной химии способствовали исследования в области моделирования биокатализаторов-ферментов. Для освоения опыта живой природы и реализации по-

лученных знаний в промышленности химики наметили ряд перспективных путей.

Во-первых, химики ведут исследования в области металлокомплексного катализа, который обогащается приемами, используемыми живыми организмами в реакциях с участием ферментов.

Во-вторых, ученые пытаются моделировать биокатализаторы. Уже удалось создать модели многих ферментов, которые извлекаются из живой клетки и используются в химических реакциях. Но проблема осложняется тем, что ферменты, устойчивые внутри живой клетки, вне клетки быстро разрушаются.

В-третьих, развивается химия иммобилизованных систем. При этом ферменты, выделенные из живого организма, закрепляются на твердой поверхности путем адсорбции. Пионером в этой области выступил русских химик И.В. Березин. Благодаря его исследованиям биокатализаторы стали стабильными, устойчивыми в химических реакциях, появилась возможность их многократного использования.

В-четвертых, глобальной целью современной химии является решение самой широкой задачи — освоение и использование всего опыта живой природы. Это позволит химикам создать полные аналоги живых систем, в которых будут синтезироваться самые разнообразные вещества. Таким образом, человечество получит в свое распоряжение принципиально новые химические технологии.

Зарождение эволюционной химии произошло в 1960-е гг., когда были открыты случаи самосовершенствования катализаторов в ходе реакции, тогда как обычно в процессе работы они дезактивировались, ухудшались и выбрасывались. Так химики обратили внимание на процессы самоорганизации в химических системах, подняв тем самым химию на качественно новый уровень. При этом впервые было обращено внимание на существование в природе химических систем разной степени сложности, а также на процесс перехода от химических систем к биологическим.

Изучение процессов самоорганизации в химии привело к формированию двух подходов к анализу предбиологических систем: субстратного и функционального.

Субстратный подход к проблеме биогенеза

В рамках субстратного подхода было отмечено, что при переходе к простейшим формам жизни шел особый дифференцированный отбор лишь таких химических элементов и их соединений, которые являются основным строительным материалом для образования биологических систем. Эти элементы в химии получили название *органогенов.*

Результатами такого подхода стала информация об отборе химических элементов и структур, который оказался подобным биологической эволюции. В настоящее время наукой открыто 110 хи-

мических элементов. Большинство из них попадает в живые организмы и участвует в их жизнедеятельности. Однако основу жизнедеятельности обеспечивают только шесть химических элементов-органогенов — углерод, водород, кислород, азот, фосфор и сера. Их суммарная весовая доля в структуре живого организма составляет 97,4%. За ними следуют 12 элементов, которые принимают участие в построении многих физиологически важных компонентов биологических систем (натрий, калий, кальций, магний, алюминий, железо, кремний, хлор, медь, цинк, кобальт, никель). Их весовая доля в организме составляет 1,6%. Кроме того, существует еще 20 элементов, участвующих в построении и функционировании отдельных узкоспецифических биосистем, весовая доля которых составляет около 1%. Все остальные элементы в построении биосистем практически не участвуют.

Общая химическая картина мира также весьма убедительно свидетельствует об отборе химических соединений. В настоящее время химической науке известно около 8 млн. химических соединений. Из них подавляющее большинство (96%) составляют органические соединения, которые образованы на основе все тех же 6—18 элементов. А из остальных 90 химических элементов природа создала всего лишь около 300 тысяч неорганических соединений. Из миллионов органических соединений в построении живого участвуют лишь несколько сотен. Из 100 известных аминокислот в состав белков входит только 20. Лишь по четыре нуклеотида ДНК и РНК лежат в основе всех сложных полимерных нуклеиновых кислот, ответственных за наследственность и регуляцию белкового синтеза в любых живых организмах.

Химикам важно понять, каким образом из минимума химических элементов и химических соединений образовались сложнейшие биосистемы. Без этого ученые не смогут приспособить к своим нуждам простые химические системы и получить из них более сложные соединения.

Можно предположить, что определяющими факторами в отборе химических элементов при формировании органических систем, а тем более биосистем, выступают условия соответствия этих элементов определенным требованиям:

- способность образовывать прочные и, следовательно, энергоемкие связи;
- эти связи должны быть лабильными (изменчивыми), способными к образованию новых разнообразных связей.

Данным условиям отвечает углерод — органоген номер один. Он, как никакой другой элемент, способен вмещать и удерживать внутри себя самые редкие химические противоположности, реализовывать их единство, выступать в качестве носителя внутреннего противоречия.

Азот, фосфор и сера как органогены, а также железо и магний, составляющие активные центры ферментов, также лабильны. Кислород и водород свойством лабильности обладают в меньшей мере, поэтому являются носителями окислительных и восстановительных процессов.

Сегодня также ясно, что в ходе эволюции отбирались те структуры, которые способствовали резкому повышению активности и селективности действия каталитических групп. Есть уже и некоторые выводы:

- на ранних этапах химической эволюции органического мира катализ отсутствовал. Условия высоких температур (выше 5000 К), электрических разрядов и радиации, с одной стороны, препятствовали образованию конденсированного состояния вещества, а с другой — с лихвой перекрывали те порции энергии, которые необходимы для протекания большинства реакций;
- первые проявления катализа начались при смягчении условий и образовании первичных твердых тел;
- роль катализаторов возрастала по мере того, как физические условия приближались к земным. Но общее значение катализа вплоть до образования более или менее сложных органических молекул все еще не могло быть высоким;
- после того, как был накоплен определенный количественный минимум органических и неорганических соединений, прежде всего Сахаров и аминокислот, роль катализа начала резко возрастать.

Функциональный подход в эволюционной химии

В рамках функционального подхода также изучается роль катализа и выявляются законы, которым подчиняются процессы самоорганизации химических систем. Было отмечено, что ведущую роль на предбиологической стадии эволюции играл катализ. Роль каталитических процессов усиливалась по мере усложнения состава и структуры химических систем. Именно на этом основании некоторые ученые напрямую стали связывать химическую эволюцию с самоорганизацией и саморазвитием каталитических систем. Иными словами, такая эволюция если не целиком, то в значительной мере связана с процессами самоорганизации каталитических систем.

Исходя из этого профессор МГУ А.П. Руденко выдвинул *теорию саморазвития открытых каталитических систем.* Очень скоро она была преобразована в общую теорию химической эволюции и биогенеза. В ней решены вопросы о движущих силах и механизмах эволюционного процесса, т.е. о законах химической эволюции, отборе элементов и структур и их причинной обусловленности, о высоте химической организации и иерархии химических систем как следствии эволюции.

Сущность данной теории состоит в том, что химическая эволюция представляет собой саморазвитие каталитических систем, а сле-

довательно, эволюционирующим веществом являются катализаторы, а не молекулы. Выше мы упоминали, что при катализе идет реакция химического взаимодействия катализатора и реагентов с образованием промежуточных комплексов со свойствами переходного состояния. Именно такой промежуточный каталитический комплекс Руденко назвал *элементарной каталитической системой.* Если в ходе реакции идет постоянный приток новых реактивов извне и отвод готовой продукции, а также выполняются некоторые дополнительные условия, то реакция может идти неограниченно долго, находясь на одном и том же стационарном уровне. Такие многократно возобновляемые комплексы являются элементарными открытыми каталитическими системами.

Саморазвитие, самоорганизация и самоусложнение каталитических систем происходит за счет постоянного притока трансформируемой энергии. А так как основным источником энергии является базисная реакция, то максимальное эволюционное преимущество получают каталитические системы, развивающиеся на базе экзотермических реакций. Таким образом, базисная реакция — не только источник энергии, но и орудие отбора наиболее прогрессивных эволюционных изменений катализаторов.

Тем самым Руденко сформулировал *основной закон химической эволюции,* согласно которому с наибольшей скоростью и вероятностью реализуются те пути эволюционных изменений катализаторов, которые связаны с ростом их абсолютной каталитической активности. При этом по параметру абсолютной каталитической активности складываются механизмы конкуренции и естественного отбора.

Возникает явление автокатализа, при котором продукты реакции выступают как катализаторы, ускоряющие дальнейшее протекание реакции. При этом реакция становится саморазвивающейся, и элементарная открытая каталитическая система подходит к первому пределу в своем развитии, когда рост скорости базисной реакции начинает ограничиваться постоянной температурой системы. Тогда некоторые элементарные каталитические центры становятся способными осуществлять не один, а несколько циклов базисной реакции.

На следующем этапе развития элементарной каталитической системы скорость реакции начинает ограничиваться концентрацией реагирующих веществ. При этом система подходит ко второму пределу в своем развитии, который преодолевается с помощью пространственного дублирования каталитических систем, их разъединения и дальнейшего самостоятельного существования. А самовоспроизведение (точное пространственное дублирование) является признаком не химической, а биологической эволюции. Именно так с матричных молекул ДНК считывается наследственная информация и на этой основе строится новая молекула. Таким образом, второй кинетический предел саморазвития элементарных открытых

каталитических систем является пределом добиологической химической эволюции. После этого возможности добиологической эволюции, проходящей по законам химии, исчерпываются, и начинается эволюция биологическая.

Практическим следствием теории саморазвития открытых каталитических систем является так называемая нестационарная кинетика, которая занимается теорией управления нестационарными процессами — реакциями с меняющимися условиями. Сегодня исследователи приходят к выводу, что стационарный режим, надежная стабилизация которого казалась залогом высокой эффективности промышленного процесса, является лишь частным случаем нестационарного режима. При этом было обнаружено множество нестационарных режимов, способствующих интенсификации реакции.

Таким образом, рассмотренные концепции химии позволяют говорить о существовании химической картины мира, т.е. такого взгляда на природу с точки зрения химии, в котором определяются место и роль химических объектов и процессов в реальном природном многообразии. Ее содержанием является:

- обобщенное знание эпохи о том, что представляют собой объекты живой и неживой природы с точки зрения их химического содержания. Сюда входит учение о многообразии частиц вещества и его химической организации;
- представление о едином происхождении всех основных типов природных объектов, их естественной эволюции;
- зависимость химических свойств природных объектов от их структуры;
- общие закономерности природных процессов как процессов химического движения — взаимодействия реагирующих веществ друг с другом и окружающей средой;
- знание о специфических объектах, синтезируемых в практической деятельности химиков.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Васильева Т.С., Орлов В.В.* Химическая форма материи. М., 1983.
2. *Данцев А.А.* Философия и химия. Ростов-на-Дону, 1991.
3. *Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А* Начала химии М., 1997.
4. *Пиментпел Дж., Кунрод Дж.* Возможности химии сегодня и завтра. М., 1992.
5. *Поллер 3.* Химия на пути в третье тысячелетие. М., 1982.
6. *Соловьев Ю.И., Курашов В.И.* Химия на перекрестке наук. М, 1989.
7. *Фигуровский Н.А.* История химии. М., 1979.
8. *Химия* и мировоззрение. М., 1986.
9. *Хомченко Т.П.* Химия для поступающих в вузы. М., 1996.
10. *Эмсли Дж.* Элементы. М., 1993.

Глава 9
Структурные уровни жизни

9.1. Структура биологического знания

Биология как наука

В настоящее время наиболее динамично развивающейся наукой является биология — наука о жизни и живой природе. Основные задачи биологии — дать научное определение жизни, указать на принципиальное отличие живого от неживого, выяснить специфику биологической формы существования материи. Развитие биологических знаний приводит к постепенной трансформации представлений о сущности жизни, единстве космической и биологической эволюции, взаимодействии биологического и социального в человеке и т.п. Новые биологические данные изменяют ту картину мира, которая на протяжении длительного времени формировалась физикой. Можно говорить о том, что сегодня открытия в биологии определяют развитие всего естествознания. Именно поэтому современная научная картина мира невозможна без биологических знаний. Более того, биология становится тем основанием, на котором формируются новые мировоззренческие принципы, определяющие самосознание человека.

В современной науке **биология** определяется как совокупность наук о живой природе, многообразии существовавших и существующих живых организмов, их строении и функциях, происхождении, распространении и развитии, связях друг с другом и неживой природой.

В соответствии с этим биология изучает как общие, так и частные закономерности живого во всех его проявлениях (обмен веществ, воспроизводство, наследственность, изменчивость, приспособляемость и др.).

Современная биология — динамичное, меняющееся на глазах знание. Лавинообразное накопление новых экспериментальных данных подчас опережает возможности их теоретической интерпретации и объяснения. Стремительно растет в биологии число меж-

дисциплинарных исследовании на стыке с другими естественными науками. Поэтому в структуре биологического знания сегодня насчитывается более 50 частных наук: ботаника, зоология, генетика, молекулярная биология, анатомия, морфология, цитология, биофизика, биохимия, палеонтология, эмбриология, экология и т.п. Данное многообразие научных дисциплин объясняется, главным образом, сложностью основного объекта биологических исследований — живой материи.

Структуру биологии как науки можно рассматривать с точки зрения объектов, свойств, уровней организации живого, основных этапов и биологических парадигм.

По объектам исследования биологию подразделяют на вирусологию, бактериологию, ботанику, зоологию, антропологию.

По свойствам и проявлениям живого существует следующая классификация биологических дисциплин: *эмбриология* — наука, изучающая зародышевое (эмбриональное) развитие организмов; *физиология* — наука о функционировании организмов; *морфология* — наука о строении живых организмов; *молекулярная биология* — наука об образе жизни сообществ растительного и животного мира, их взаимосвязях с окружающей средой; *генетика* — наука о наследственности и изменчивости.

По уровню организации живых организмов выделяют: *анатомию* — науку о макроскопическом строении животных и человека; *гистологию* — науку о строении тканей; *цитологию* — науку о строении живых клеток.

В своем развитии биология прошла длительный и трудный путь, включающий в себя три наиболее крупных этапа, принципиально различающихся между собой своей главной идеей: 1) период систематики, 2) эволюционный период и 3) период биологии микромира. Отмеченные периоды не имеют между собой четких временных границ, так же как и не имеют резких переходов. Более того, поскольку биология еще не вышла на уровень теоретических обобщений и не имеет собственной научной картины мира, она существует в трех «ипостасях» — натуралистической, физико-химической и эволюционной биологии. Каждая из них появилась в соответствующий период развития биологической науки.

Период систематики. Натуралистическая биология

Как и всякая естественная наука, биология начала развиваться как описательная (феноменологическая) наука о многообразных формах, видах *и* взаимосвязях живого мира. Главной ее задачей было изучение природы в ее естественном состоянии. Для этого наблюдались, описывались и систематизировались явления живой природы. Именно в этот период сложился натуралистический под-

ход к изучению жизни. Началом научного подхода послужила постоянно растущая совокупность практических знаний, получаемых человеком в процессе его взаимодействия с Окружающей природной средой. Помимо накапливающихся знаний необходимо было систематизировать и объекты, составлявшие предмет практических интересов человека. Идея систематики зародилась в античности. Первым систематизатором науки стал Аристотель, который собрал накопленный к его времени фактический материал и сделал первую попытку классификации животных и растений, основанную на понятии целесообразности.

Систематизации биологических знаний он посвятил ряд работ: «История животных», «О частях животных», «О возникновении животных». В них Аристотель разделил царство животных на две группы: имеющих кровь и лишенных крови. Среди имеющих кровь он выделял: четвероногих живородящих, птиц, четвероногих и безногих яйцеродящих, безногих живородящих и рыб. Соответственно лишенные крови делились на: мягких (головоногих) мягкокожих многоногих (раки), многоногих членистых и раковинных безногих (моллюски и морские ежи). Кроме того, Аристотель выделил ряд групп, переходных между этими двумя. Человеку Аристотель отвел место на вершине кровяных животных (антропоцентризм).

Благодаря работам Аристотеля хаотичные знания о живой природе приобрели относительно упорядоченный характер, и это обстоятельство дает основания считать, что становление биологии как науки началось в те далекие времена. Идеи Аристотеля пользовались непререкаемым авторитетом вплоть до Нового времени, лишь тогда они были подвергнуты проверке.

Подъем биологических наук произошел лишь в XVI в. и связан с эпохой Великих географических открытий, которые обогатили науку множеством новых фактов, собранных на вновь открытых землях. Данные факты требовали своей систематизации и классификации, которая и была предложена в трудах шведского ученого К. Линнея. Он в своей работе «Система природы» смог разработать стройную иерархию всех животных и растений.

В основе систематики Линнея лежит вид, близкие виды объединяются в роды, сходные роды — в отряды, а отряды — в классы. Кроме того, Линней ввел точную терминологию для описания растений и животных. Ему также принадлежит введение бинарной (двойной) номенклатуры: обозначение каждого вида двумя терминами — названием рода и вида по латыни. Линней точно определил соотношение между различными систематическими группами — классами, отрядами, родами, видами и подвидами, четко выделив названные таксоны и показав их иерархическую соподчиненность.

Помимо систематизации и классификации органического мира в XVIII—XIX вв. в области традиционной биологии появился еще

целый ряд фундаментальных работ, считающихся классикой биологической мысли. Это 44-томный труд французского ученого Ж. Бюффона и его соавторов «Естественная история», знаменитая «Жизнь животных» А. Брема и работы Э. Геккеля по морфологии организмов.

Натуралистическая биология не утратила своего значения и в наши дни. По-прежнему продолжается изучение флоры и фауны нашей планеты, открываются и описываются новые виды. Несмотря на то, что современная биология смогла осуществить анализ и классификацию огромного числа животных и растительных организмов, она, тем не менее, не смогла сделать полное описание всего природного мира. Считается, что до сих пор описано только две трети существующих видов, т.е. 1,2 млн. животных, 5000 тыс. растений, сотни тысяч грибов, около 3 тыс. бактерий и т.п. Все более важной становится экология — наука, исследующая взаимоотношения организмов как между собой, так и со средой обитания. Эта наука появилась в рамках традиционной биологии, рассматривает природу как единое целое и требует к ней бережного, гуманного отношения.

Период микромира. Физико-химическая биология

При всех достоинствах натуралистической биологии с ее целостным подходом к изучению природы биология все же нуждалась в понимании механизмов, явлений и процессов, происходящих на разных уровнях жизни и живых организмов. Поэтому от традиционной описательной биологии ученые были вынуждены перейти к изучению анатомии и физиологии растений и животных, процессов жизнедеятельности организмов в целом и их отдельных органов, а затем — все дальше вглубь живой природы, к изучению жизни на клеточном и молекулярно-генетическом уровнях.

Основы анатомических и физиологических знаний были заложены в античности и связаны с работами Гиппократа, Герофила, Клавдия Галена и их учеников. Однако подлинное развитие данного направления биологии началось лишь в Новое время. В XVI—XVII вв. благодаря исследованиям Р. Гука, Н. Грю, Я. Гельмонта, М. Мальпиги, проводившимся с использованием микроскопа, получила развитие анатомия растений, были открыты клеточный и тканевый уровни организации растений. В биологию проникает эксперимент — искусственная гибридизация, что закладывает отдаленные предпосылки возникновения генетики.

Важно отметить, что биология в Новое время все шире использовала методы других естественных наук — более развитых физики и химии. Так в науку проникла мысль, что все явления жизни подчиняются законам физики и химии и могут быть объяснены с их помощью. Таким образом, биология все шире использует идеи ре-

л

дукционизма. Первое время это был лишь методологический подход, но с XIX в. можно было говорить о рождении физико-химической биологии, изучавшей жизнь на молекулярном и надмолекулярном уровнях. Большую роль в утверждении нового образа биологии сыграли ученые XIX в., использовавшие методы физики и химии в своих исследованиях: Л. Пастер, И.М. Сеченов, И.П. Павлов, И.И. Мечников и др. Необходимо также назвать основоположников клеточной теории М. Шлейдена и Т. Шванна, положивших в 1838 г. начало изучению живой клетки. Их теория привела к появлению цитологии — науки о живой клетке.

Дальнейшее изучение клеточного строения вызвало рождение генетики — науки о наследственности и изменчивости. В XX в. появилась молекулярная генетика, что вывело биологию на новый уровень анализа жизни и еще теснее сблизило ее с физикой и химией. Удалось понять генетическую роль нуклеиновых кислот, были открыты молекулярные механизмы генетической репродукции и биосинтеза белка, а также молекулярно-генетические механизмы изменчивости, изучен обмен веществ на молекулярном уровне. При этом открытия в физике и химии, непрерывное совершенствование физических и химических методов исследования и их применение в биологии создали возможность по-новому подойти к изучению множества биологических проблем.

С точки зрения химии живые организмы представляют собой открытые системы, постоянно обменивающиеся веществом и энергией с окружающей средой. При этом вместе с пищей они получают огромное количество органических и минеральных соединений, которые участвуют в биохимических реакциях организма, а затем в виде продуктов распада выводятся в окружающую среду. Строительным материалом для живой клетки являются макромолекулы — белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты. Гормональная регуляция, происходящая в организме, также представляет собой систему химических реакций.

Объединение биологии с химией дало начало новой науке — биохимии, которая изучает структуру и свойства биомолекул одновременно с их метаболизмом в живых тканях и органах. Иными словами, биохимия анализирует изменения биомолекул внутри живого организма. Биохимикам удалось выяснить, как переносится энергия в клетке, расшифровать механизмы метаболизма (обмена веществ), установить роль мембран, рибосом и других внутриклеточных структур. Именно биохимики расшифровали структуру и определили функции белков и нуклеиновых кислот, заложив тем самым основы молекулярной генетики. Рекомендациями биохимиков сегодня пользуется медицина, фармация, сельское хозяйство.

Поскольку современная химия основывается на физике, ученые стремятся объяснить биологические явления и процессы на основе

физических закономерностей. В результате в 1950 г. на стыке биохимии, биологии и физики родилась новая наука — биофизика. Биофизики, рассматривая какое-либо биологическое явление, расчленяют его на несколько более элементарных, доступных для понимания актов и исследуют их физические свойства. Таким образом были объяснены механизмы мышечного сокращения, проведения нервного импульса, тайны фотосинтеза и ферментативного катализа.

С помощью биохимии и биофизики ученые смогли объединить знания о структуре и функциях организма. Но ни этим наукам, ни физико-химической биологии в целом не удается дать ответ на основной вопрос биологии — вопрос о происхождении и сущности жизни.

Эволюционный период. Эволюционная биология

Идея развития живой природы проникла в биологию лишь в XIX в., хотя предпосылки эволюционной биологии сформировались еще в античности. Так, в основе систематики живого у Аристотеля лежит идея лестницы существ: он расположил организмы от простого к сложному, человека при этом он поместил на вершине пирамиды животного мира. От этой идеи нужно было сделать лишь шаг к идее эволюции как развитию животного мира путем постоянного усложнения.

Начало эволюционному периоду развития биологии было положено в трудах французского биолога Ж. Б. Ламарка, предложившего *первую эволюционную теорию.* Она была изложена в его книге «Философия зоологии», вышедшей в 1809 г. Ламарк первым заговорил об изменении организмов под влиянием окружающей среды и передаче приобретенных признаков потомкам. Однако Ламарк в своей теории опирался на ряд неверных исходных положений, из-за которых ему не удалось решить вопрос о соотношении внутренних и внешних факторов эволюции.

Значительный вклад в развитие биологии на данном этапе внесла *теория катастроф,* автором которой стал французский ученый Ж. Кювье. Он исходил из представлений о том, что природные силы, действующие сейчас и господствовавшие в прошлом, качественно отличаются друг от друга. Поэтому в прошлом периодически могли происходить глобальные природные катаклизмы, прерывающие спокойное течение геологических и биологических процессов на Земле. В результате этих глобальных катастроф почти полностью изменялся не только облик Земли, но и ее органический мир. Причины этих катастроф наука установить не в состоянии, но можно сделать вывод, что именно катастрофы привели к появлению все более сложных органических форм.

Подлинная революция в биологии связана с появлением в 1859 г. *теории эволюции Ч. Дарвина,* изложенной им в книге «Происхождение видов путем естественного отбора». Эволюционная теория Дар-

вина построена на трех постулатах: изменчивости, наследственности и естественном отборе. Изменчивость, по Дарвину, — это способность организмов приобретать новые свойства и признаки и изменять их по разным причинам. Именно изменчивость является первым и главным звеном эволюции. Наследственность — это способность живых организмов передавать свои свойства и признаки последующим поколениям. Естественный отбор является результатом борьбы за существование и означает выживание и успешное размножение наиболее приспособленных организмов. Под действием естественного отбора группы особей одного вида из поколения в поколение накапливают различные приспособительные признаки и в результате приобретают настолько существенные отличия, что превращаются в новые виды. К сожалению, положения о наследственности и изменчивости, также входившие в эту теорию, были разработаны намного хуже. Это дало основания для серьезной критики дарвиновской теории эволюции, которая развернулась в конце XIX - начале XX в.

Современная (синтетическая) теория эволюции появилась лишь к концу 20-х гг. XX в. Она представляла собой синтез генетики и дарвинизма. С этого времени стало возможным говорить об эволюционной биологии как о платформе, на которой происходит синтез разнородного биологического знания. Сегодняшняя эволюционная биология — это результат объединения двух потоков знания: самого эволюционного учения и знаний, полученных другими биологическими науками о процессах и механизмах эволюции. На протяжении XX в. содержание эволюционной биологии постоянно расширялось. Оно дополнено данными генетики, молекулярной биологии, цитологии, палеонтологии. Многие ученые считают, что именно эволюционная биология сможет стать фундаментом теоретической биологии, являющейся основной целью биологов XXI в.

9.2. Структурные уровни организации жизни

Жизнь характеризуется диалектическим единством противоположностей: она одновременно целостна и дискретна. Органический мир представляет собой единое целое, так как составляет систему взаимосвязанных частей (существование одних организмов зависит от других), и в то же время дискретен, поскольку состоит из отдельных единиц — организмов, или особей. Каждый живой организм, в свою очередь, также дискретен, так как состоит из отдельных органов, тканей, клеток, но вместе с тем каждый из органов, обладая определенной автономностью, действует как часть целого. Каждая клетка состоит из органоидов, но функционирует как единое целое. Наследственная информация осуществляется генами, но

ни один из генов вне всей совокупности не определяет развитие признака и т.д.

С дискретностью жизни связаны различные уровни организации органического мира, которые можно определить как дискретные состояния биологических систем, характеризуемых соподчи-ненностью, взаимосвязанностью и специфическими закономерностями. При этом каждый новый уровень обладает особыми свойствами и закономерностями прежнего, низшего уровня, поскольку любой организм, с одной стороны, состоит из подчиненных ему элементов, а с другой — сам является элементом, входящим в состав какой-то макробиологической системы.

На всех уровнях жизни проявляются такие ее атрибуты, как дискретность и целостность, структурная организация, обмен веществом, энергией и информацией. Существование жизни на более высоких уровнях организации подготавливается и определяется структурой низшего уровня; в частности, характер клеточного уровня определяется молекулярным и субклеточным, организменный — клеточным, тканевым уровнями и т.д.

Структурные уровни организации жизни чрезвычайно многообразны, но при этом основными являются молекулярный, клеточный, онтогенетический, популяционно-видовой, биоценотический, биогеоценотический и биосферный.

Молекулярно-генетический уровень

Молекулярно-генетический уровень жизни — это уровень функционирования биополимеров (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов) и других важных органических соединений, лежащих в основе процессов жизнедеятельности организмов. На этом уровне элементарной структурной единицей является ген, а носителем наследственной информации у всех живых организмов — молекула ДНК. Реализация наследственной информации осуществляется при участии молекул РНК. В связи с тем, что с молекулярными структурами связаны процессы хранения, изменения и реализации наследственной информации, данный уровень называют молекуляр-но-генетическим.

Важнейшими задачами биологии на этом уровне являются изучение механизмов передачи генной информации, наследственности и изменчивости, исследование эволюционных процессов, происхождения и сущности жизни.

Все живые организмы имеют в своем составе простые неорганические молекулы: азот, воду, двуокись углерода. Из них в ходе химической эволюции появились простые органические соединения, ставшие, в свою очередь, строительным материалом для более крупных молекул. Так появились макромолекулы — гигантские мо-

лекулы-полимеры, построенные из множества мономеров. Существуют три типа полимеров: полисахариды, белки и нуклеиновые кислоты. Мономерами для них соответственно служат моносахариды, аминокислоты и нуклеотиды.

Белки и нуклеиновые кислоты являются «информационными» молекулами, так как в их строении важную роль играет последовательность мономеров, которая может быть весьма разнообразной. Полисахариды (крахмал, гликоген, целлюлоза) играют роль источника энергии и строительного материала для синтеза более крупных молекул.

Белки — это макромолекулы, представляющие собой очень длинные цепи из аминокислот — органических (карбоновых) кислот, содержащих, как правило, одну или две аминогруппы (—NH_2).

В растворах аминокислоты способны проявлять свойства как кислот, так и оснований. Это делает их своеобразным буфером на пути опасных физико-химических изменений. В живых клетках и тканях встречается свыше 170 аминокислот, однако в состав белков их входит только 20. Именно последовательность аминокислот, соединенных друг с другом пептидными связями[1], образует первичную структуру белков. На долю белков приходится свыше 50% общей сухой массы клеток.

Большинство белков выполняет функцию катализаторов (ферментов). В их пространственной структуре есть активные центры в виде углублений определенной формы. В такие центры попадают молекулы, превращение которых катализируется данным белком. Кроме того, белки играют роль переносчиков; например, гемоглобин переносит кислород от легких к тканям. Мышечные сокращения и внутриклеточные движения — результат взаимодействия молекул белков, функция которых заключается в координации движения. Функцией белков-антител является защита организма от вирусов, бактерий и т.д. Активность нервной системы зависит от белков, с помощью которых собирается и хранится информация из окружающей среды. Белки, называемые гормонами, управляют ростом клеток и их активностью.

Нуклеиновые кислоты. Процессы жизнедеятельности живых организмов определяет взаимодействие двух видов макромолекул — белков и ДНК. Генетическая информация организма хранится в молекулах ДНК, которая служит носителем наследственной информации для следующего поколения и определяет биосинтез белков, контролирующих почти все биологические процессы. Поэтому нук-

[1] Пептидная связь — это химическая связь —CO-NH-.

леиновым кислотам принадлежит такое же важное место в организме, как и белкам.

Как белки, так и нуклеиновые кислоты обладают одним очень важным свойством — молекулярной дисимметрией (асимметрией), или молекулярной хиральностью. Это свойство жизни было открыто в 40—50-е гг. XIX в. Л. Пастером в ходе исследования строения кристаллов веществ биологического происхождения — солей виноградной кислоты. В своих опытах Пастер обнаружил, что не только кристаллы, но и их водные растворы способны отклонять поляризованный луч света, т.е. являются оптически активными. Позже они получили название *оптических изомеров.* У растворов веществ небиологического происхождения данное свойство отсутствует, строение их молекул симметрично.

Сегодня идеи Пастера подтверждены, и считается доказанным, что молекулярная хиральность (от греч. cheir — рука) присуща только живой материи и является ее неотъемлемым свойством. Вещество неживого происхождения симметрично в том смысле, что молекул, поляризующих свет влево и вправо, в нем всегда поровну. А в веществе биологического происхождения всегда присутствует отклонение от этого баланса. Белки построены из аминокислот, поляризующих свет только влево (L-конфигурация). Нуклеиновые кислоты состоят из Сахаров, поляризующих свет только вправо (D-конфигурация). Таким образом, хиральность заключается в асимметрии молекул, их несовместимости со своим зеркальным отражением, как у правой и левой руки, что и дало современное название этому свойству. Интересно отметить, что если бы человек вдруг превратился в свое зеркальное отражение, то с его организмом все было бы нормально до тех пор, пока он не стал бы есть пищу растительного или животного происхождения, которую он просто не смог бы переварить.

Нуклеиновые кислоты — это сложные органические соединения, представляющие собой фосфорсодержащие биополимеры (полинуклеотиды).

Существует два типа нуклеиновых кислот — дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) и рибонуклеиновая кислота (РНК). Свое название нуклеиновые кислоты (от лат. nucleus — ядро) получили из-за того, что впервые были выделены из ядер лейкоцитов еще во второй половине XIX в. швейцарским биохимиком Ф. Мишером. Позже было обнаружено, что нуклеиновые кислоты могут находиться не только в ядре, но и в цитоплазме и ее органоидах. Молекулы ДНК вместе с белками-гистонами образуют вещество хромосом.

В середине XX в. американский биохимик Дж. Уотсон и английский биофизик Ф. Крик раскрыли структуру молекулы ДНК. Рентгеноструктурные исследования показали, что ДНК состоит из двух цепей, закрученных в двойную спираль. Роль остовов цепей играют сахарофосфатные группировки, а перемычками служат основания пуринов и пиримидинов. Каждая перемычка образована двумя основаниями, присоединенными к двум противоположным цепям, причем, если у одного основания одно кольцо, то у другого — два. Таким образом, образуются комплементарные пары: А-Т и Г-Ц. Это значит, что последовательность оснований одной цепи однозначно определяет последовательность оснований в другой, комплементарной ей цепи молекулы.

Ген — это участок молекулы ДНК или РНК (у некоторых вирусов). РНК содержит 4—6 тысяч отдельных нуклеотидов, ДНК — 10—25 тысяч. Если бы можно было вытянуть ДНК одной человеческой клетки в непрерывную нить, то ее длина составила бы 91 см.

И все же рождение молекулярной генетики произошло несколько раньше, когда американцы Дж. Бидл и Э. Тэйтум установили прямую связь между состоянием генов (ДНК) и синтезом ферментов (белков). Именно тогда появилось знаменитое высказывание: «один ген — один белок». Позже было выяснено, что основной функцией генов является кодирование синтеза белка. После этого ученые сконцентрировали свое внимание на вопросе, как записана генетическая программа и как она реализуется в клетке. Для этого нужно было выяснить, как всего четыре основания могут кодировать порядок расположения в молекулах белка целых двадцати аминокислот. Основной вклад в решение этой проблемы внес знаменитый физик-теоретик Г. Гамов в середине 1950-х гг.

По его предположению, для кодирования одной аминокислоты используется сочетание из трех нуклеотидов ДНК. Эта элементарная единица наследственности, кодирующая одну аминокислоту, получила название *кодона.* В 1961 г. гипотеза Гамова была подтверждена исследованиями Ф. Крика. Так был расшифрован молекулярный механизм считывания генетической информации с молекулы ДНК при синтезе белков.

В живой клетке имеются органеллы — рибосомы, которые «читают» первичную структуру ДНК и синтезируют белок в соответствии с записанной в ДНК информацией. Каждой тройке нуклеотидов ставится в соответствие одна из 20 возможных аминокислот. Именно так первичная структура ДНК определяет последовательность аминокислот синтезируемого белка, фиксирует генетический код организма (клетки).

Генетический код всего живого, будь то растение, животное или бактерия, одинаков. Такая особенность генетического кода вместе со сходством аминокислотного состава всех белков свидетельствует

о биохимическом единстве жизни, происхождении всех живых существ на Земле от единого предка.

Также был расшифрован механизм воспроизводства ДНК. Он состоит из трех частей: репликации, транскрипции и трансляции.

Репликация — это удвоение молекул ДНК. Основой репликации является уникальное свойство ДНК к самокопированию, что дает возможность деления клетки на две идентичные. При репликации ДНК, состоящая из двух скрученных молекулярных цепочек, раскручивается. Образуются две молекулярные нити, каждая из которых служит матрицей для синтеза новой нити, комплементарной к исходной. После этого клетка делится, и в каждой клетке одна нить ДНК будет старой, а вторая — новой. Нарушение последовательности нуклеотидов в цепи ДНК приводит к наследственным изменениям в организме — мутациям.

Транскрипция — это перенос кода ДНК путем образования одноцепочной молекулы информационной РНК (и-РНК) на одной из нитей ДНК. и-РНК — это копия части молекулы ДНК, состоящей из одного или группы расположенных рядом генов, несущих информацию о структуре белков.

Трансляция — это синтез белка на основе генетического кода и-РНК в особых органоидах клетки — рибосомах, куда транспортная РНК (т-РНК) доставляет аминокислоты.

В конце 1950-х гг. русскими и французскими учеными одновременно была выдвинута гипотеза о том, что различия в частоте встречаемости и порядке расположения нуклеотидов в ДНК у разных организмов имеют специфический для видов характер. Данная гипотеза позволила изучать на молекулярном уровне эволюцию живого и характер видообразования.

Существует несколько механизмов изменчивости на молекулярном уровне. Важнейшим из них является уже упоминавшийся механизм мутации генов — *непосредственное преобразование самих генов,* находящихся в хромосоме, под воздействием внешних факторов. Факторами, вызывающими мутацию (мутагенами), являются радиация, токсичные химические соединения, а также вирусы. При этом механизме изменчивости порядок расположения генов в хромосоме не меняется.

Еще один механизм изменчивости — *рекомбинация генов.* Это создание новых комбинаций генов, располагающихся в конкретной хромосоме. При этом сама молекулярная основа гена не меняется, а происходит его перемещение с одного участка хромосомы на другой или идет обмен генами между двумя хромосомами. Рекомбинация генов имеет место при половом размножении у высших организмов. При этом не происходит изменения общего объема генетической информации, он остается неизменным. Этот механизм объясняет, почему дети лишь частично похожи на своих родителей —

они наследуют признаки от обоих родительских организмов, которые сочетаются случайным образом.

Другой механизм изменчивости — *неклассическая рекомбинация генов* — был открыт лишь в 1950-е гг. При неклассической рекомбинации генов происходит общее увеличение объема генетической информации за счет включения в геном клетки новых генетических элементов. Чаще всего новые элементы привносятся в клетку вирусами. Сегодня обнаружено несколько типов трансмиссивных генов. Среди них — плазмиды, представляющие собой двухцепочную кольцевую ДНК. Из-за них после длительного использования каких-либо лекарств наступает привыкание, после чего они перестают оказывать медикаментозное воздействие. Патогенные бактерии, против которых действует наше лекарство, связываются с плазми-дами, что и придает бактериям устойчивость к лекарству, и они перестают его замечать.

Мигрирующие генетические элементы могут вызывать как структурные перестройки в хромосомах, так и мутации генов. Возможность использования таких элементов человеком привела к появлению новой науки — генной инженерии, целью которой является создание новых форм организмов с заданными свойствами. Таким образом, с помощью генетических и биохимических методов конструируются новые, не существующие в природе сочетания генов. Для этого видоизменяется ДНК, кодирующая производство белка с нужными свойствами. Данный механизм лежит в основе всех современных биотехнологий.

С помощью рекомбинантной ДНК можно синтезировать разнообразные гены и вводить их в клоны (колонии идентичных организмов) для направленного синтеза белка. Так, в 1978 г. был синтезирован инсулин — белок для лечения сахарного диабета. Нужный ген был введен в плазмиду и внедрен в обычную бактерию.

Генетики работают над созданием безопасных вакцин от вирусных инфекций, так как традиционные вакцины представляют собой ослабленный вирус, который должен вызывать выработку антител, поэтому их введение связано с определенным риском. Генная инженерия позволяет получить ДНК, кодирующую поверхностный слой вируса. В этом случае иммунитет вырабатывается, но заражение организма исключено.

Сегодня в генной инженерии рассматривается вопрос об увеличении продолжительности жизни и возможности бессмертия путем изменения генетической программы человека. Достичь этого можно, увеличив защитные ферментные функции клетки, оберегая молекулы ДНК от различных повреждений, связанных как с нарушением обмена веществ, так и с влиянием окружающей среды. Кроме того, ученым удалось открыть пигмент старения и создать специальный препарат, освобождающий клетки от него. В опытах с мы-

шами было получено увеличение продолжительности их жизни. Также ученым удалось установить, что в момент деления клетки уменьшаются теломеры — особые хромосомные структуры, расположенные на концах клеточных хромосом. Дело в том, что при репликации ДНК специальное вещество — полимераза — идет по спирали ДНК, снимая с нее копию. Но копировать ДНК полимераза начинает не с самого начала, а оставляет каждый раз недокопированный кончик. Поэтому с каждым последующим копированием спираль ДНК укорачивается за счет концевых участков, не несущих никакой информации, или теломер. Как только теломеры исчерпываются, при последующих копированиях начинает сокращаться часть ДНК, несущая генетическую информацию. Это и есть процесс старения клеток. В 1997 г. в США и Канаде был проведен эксперимент по искусственному удлинению теломер. Для этого использовался вновь открытый клеточный фермент — теломераза, способствующий наращиванию теломер. Полученные таким образом клетки обрели способность многократно делиться, полностью сохранив свои нормальные функциональные свойства и не превращаясь в раковые клетки.

В последнее время стали широко известны успехи генных инженеров в области клонирования — точного воспроизведения того или иного живого объекта в определенном количестве копий из соматических клеток. При этом выращенная особь генетически неотличима от родительского организма.

Получение клонов у организмов, размножающихся посредством партеногенеза, без предшествующего оплодотворения, не является чем-то особенным и давно используется генетиками. У высших организмов также известны случаи естественного клонирования — рождение однояйцевых близнецов. Но искусственное получение клонов высших организмов связано с серьезными трудностями. Тем не менее, в феврале 1997 г. в лаборатории Яна Вильмута в Эдинбурге был разработан метод клонирования млекопитающих, и с его помощью была выращена овечка Долли. Для этого у овцы породы Шотландской черномордой извлекли яйцеклетки, поместили их в искусственную питательную среду и удалили из них ядра. Затем взяли клетки молочной железы взрослой беременной овцы породы Финский дорсет, несущие полный генетический набор. Эти клетки через некоторое время слили с безъядерными яйцеклетками и активировали их развитие посредством электрического разряда. Затем развивающийся зародыш в течение шести дней рос в искусственной среде, после чего эмбрионы были трансплантированы в матку приемной матери, где и развивались до рождения. Но из 236 опытов успешным оказался лишь один — выросла овечка Долли.

После этого Вильмут заявил о принципиальной возможности клонирования человека, вызвавшей самые оживленные дискуссии

не только в научной литературе, но и в парламентах многих стран, поскольку такая возможность связана с очень серьезными моральными, этическими и юридическими проблемами. Не случайно в некоторых странах уже приняты законы, запрещающие клонирование человека. Ведь большинство клонированных эмбрионов гибнет. Кроме того, велика вероятность рождения уродов. Так что опыты по клонированию не только аморальны, но и просто опасны с точки зрения сохранения чистоты вида Homo sapiens. То, что риск слишком велик, подтверждается информацией, пришедшей в начале 2002 г. и сообщающей о заболевании овечки Долли артритом — болезнью, не характерной для овец, после чего ее вскоре пришлось усыпить.

Поэтому намного более перспективным направлением исследований является изучение генома (совокупности генов) человека. В 1988 г. по инициативе Дж. Уотсона была создана международная организация «Геном человека», которая объединила множество ученых из разных стран мира и поставила задачу расшифровки всего генома человека. Это грандиозная задача, так как число генов в организме человека составляет от 50 до 100 тысяч, а весь геном — это более 3 млрд. нуклеотидных пар.

Считается, что первый этап данной программы, связанный с расшифровкой последовательности расположения нуклеотидных пар, будет завершен к концу 2005 г. Уже проведена работа по созданию «атласа» генов, набора их карт. Первая такая карта составлена в 1992 г. Д. Коэном и Ж. Доссе. В окончательном варианте она бьыа представлена в 1996 г. Ж. Вайсенбахом, который, изучая под микроскопом хромосому, с помощью специальных маркеров отмечал ДНК различных ее участков. Затем он клонировал эти участки, выращивая их на микроорганизмах, и получал фрагменты ДНК — последовательность нуклеотидов одной цепочки ДНК, из которой состояли хромосомы. Таким образом, Вайсенбах определил локализацию 223 генов и выявил около 30 мутаций, приводящих к 200 заболеваниям, среди которых гипертония, диабет, глухота, слепота, злокачественные опухоли.

Одним из результатов этой программы, пусть и не законченной, является возможность выявления генетических патологий на ранних стадиях беременности и создание генотерапии — метода лечения наследственных заболеваний с помощью генов. Перед проведением процедуры генотерапии выясняют, какой ген оказался дефектным, получают нормальный ген и вводят его во все больные клетки. При этом очень важно отследить, чтобы введенный ген работал под контролем механизмов клетки, иначе будет получена раковая клетка. Уже есть первые больные, вылеченные таким образом. Правда, пока не ясно, насколько радикально они излечены и

не вернется ли болезнь в будущем. Также пока не ясны и отдаленные последствия такого лечения.

Конечно, использование биотехнологии и генной инженерии имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Об этом говорит опубликованный в 1996 г. Федерацией европейских микробиологических обществ меморандум. Связано это с тем, что широкая общественность с подозрением и враждебностью относится к генным технологиям. Страх вызывают возможность создания генетической бомбы, способной исказить геном человека и привести к рождению уродов; появление неизвестных заболеваний и производство биологического оружия.

И, наконец, в последнее время широко обсуждается проблема повсеместного распространения трасгенных продуктов питания, созданных путем внедрения генов, блокирующих развитие вирусных или грибковых заболеваний. Уже созданы и продаются трансгенные помидоры и кукуруза. На рынок поставляются хлеб, сыр и пиво, изготовленные с помощью трансгенных микробов. Такие продукты устойчивы по отношению к вредным бактериям, обладают улучшенными качествами — вкусом, питательной ценностью, крепостью и т.д. Так, в Китае выращивают устойчивые к вирусам табак, томаты и сладкий перец. Известны трансгенные томаты, устойчивые к бактериальной инфекции, картофель и кукуруза, устойчивые к грибкам. Но до сих пор неизвестны отдаленные последствия использования таких продуктов, прежде всего, механизм их воздействия на организм и геном человека.

Конечно, за двадцать лет использования биотехнологий не случилось ничего из того, чего опасаются люди. Все новые микроорганизмы, созданные учеными, менее болезнетворны, чем их исходные формы. Ни разу не произошло вредного или опасного распространения рекомбинантных организмов. Тем не менее, ученые тщательно следят за тем, чтобы трансгенные штаммы не содержали генов, которые после их переноса в другие бактерии могут дать опасный эффект. Существует теоретическая опасность создания новых видов бактериологического оружия на основе генных технологий. Поэтому ученые должны учитывать этот риск и содействовать развитию системы надежного международного контроля, способного зафиксировать и приостановить подобные работы.

С учетом возможной опасности использования генных технологий разработаны документы, регламентирующие их применение, правила безопасности проведения лабораторных исследований и промышленного освоения, а также правила внесения генетически модифицированных организмов в окружающую среду.

Таким образом, сегодня считается, что при соблюдении соответствующих предосторожностей польза, приносимая генными технологиями, перевешивает риск возможных отрицательных последствий.

Клеточный уровень

На клеточном уровне организации основной структурной и функциональной единицей всех живых организмов является клетка. На клеточном уровне так же, как и на молекулярно-генетическом, отмечается однотипность всех живых организмов. У всех организмов только на клеточном уровне возможны биосинтез и реализация наследственной информации. Клеточный уровень у одноклеточных организмов совпадает с организменным. История жизни на нашей планете начиналась с этого уровня организации.

Сегодня наукой точно установлено, что наименьшей самостоятельной единицей строения, функционирования и развития живого организма является клетка.

Клетка представляет собой элементарную биологическую систему, способную к самообновлению, самовоспроизведению и развитию, т.е. наделена всеми признаками живого организма.

Клеточные структуры лежат в основе строения любого живого организма, каким бы многообразным и сложным ни представлялось его строение. Наука, изучающая живую клетку, называется цитологией. Она изучает строение клеток, их функционирование как элементарных живых систем, исследует функции отдельных клеточных компонентов, процесс воспроизводства клеток, приспособление их к условиям среды и др. Также цитология изучает особенности специализированных клеток, становление их особых функций и развитие специфических клеточных структур. Таким образом, современная цитология может быть названа физиологией клетки. Успехи современной цитологии неразрывно связаны с достижениями биохимии, биофизики, молекулярной биологии и генетики.

В основе цитологии лежит утверждение, что все живые организмы (животные, растения, бактерии) состоят из клеток и продуктов их жизнедеятельности. Новые клетки образуются путем деления существовавших ранее клеток. Все клетки сходны по химическому составу и обмену веществ. Активность организма как целого слагается из активности и взаимодействия отдельных клеток.

Открытие существования клеток произошло в конце **XVII** в., когда был изобретен микроскоп. Впервые клетка была описана английским ученым Р. Гуком в 1665 г., когда он рассматривал кусочек пробки. Поскольку его микроскоп был не очень совершенным, то, что он увидел, было на самом деле стенками отмерших клеток. Потребовалось почти двести лет, чтобы биологи поняли, что главную роль играют не стенки клетки, а ее внутреннее содержимое. Среди создателей клеточной теории следует также назвать А. Левенгука, показавшего, что ткани многих растительных

организмов построены из клеток. Он же описал эритроциты, одноклеточные организмы и бактерии. Правда, Левенгук, как и другие исследователи XVII в., видел в клетке лишь оболочку, заключавшую в себе полость.

Значительное продвижение в изучении клеток произошло в начале XIX в., когда на них стали смотреть как на индивидуумы, обладающие жизненными свойствами. В 1830-е гг. было открыто и описано клеточное ядро, что привлекло внимание ученых к содержимому клетки. Тогда же удалось увидеть деление растительных клеток. На основе этих исследований и была создана клеточная теория, ставшая величайшим событием в биологии XIX в. Именно клеточная теория дала решающие доказательства единства всей живой природы, послужила фундаментом для развития эмбриологии, гистологии, физиологии, теории эволюции, а также понимания индивидуального развития организмов.

Мощный толчок цитология получила с созданием генетики и молекулярной биологии. После этого были открыты новые компоненты, или органеллы, клетки — мембрана, рибосомы, лизосомы и др.

По современным представлениям, клетки могут существовать как самостоятельные организмы (например, простейшие), так и в составе многоклеточных организмов, где есть половые клетки, служащие для размножения, и соматические клетки (клетки тела). Соматические клетки различаются по строению и функциям — существуют нервные, костные, мышечные, секреторные клетки. Размеры клеток могут варьироваться от 0,1 мкм (некоторые бактерии) до 155 мм (яйцо страуса в скорлупе). Живой организм образован миллиардами разнообразных клеток (до 10^{15}), форма которых может быть самой причудливой (паук, звезда, снежинка и пр.).

Установлено, что несмотря на большое разнообразие клеток и выполняемых ими функций, клетки всех живых организмов сходны по химическому составу: особенно велико в них содержание водорода, кислорода, углерода и азота (эти химические элементы составляют более 98% всего содержимого клетки); 2% приходится на примерно 50 других химических элементов.

Клетки живых организмов содержат неорганические вещества — воду (в среднем до 80%) и минеральные соли, а также органические соединения: 90% сухой массы клетки приходится на биополимеры — белки, нуклеиновые кислоты, углеводы и липиды. И, наконец, научно доказано, что все клетки состоят из трех основных частей:

1) плазматической мембраны, контролирующей переход веществ из окружающей среды в клетку и обратно;

2) цитоплазмы с разнообразной структурой;

3) клеточного ядра, в котором содержится генетическая информация.

Кроме того, все животные и некоторые растительные клетки содержат центриоли — цилиндрические структуры, образующие клеточные центры. У растительных клеток также есть клеточная стенка (оболочка) и пластиды — специализированные структуры клеток, часто содержащие пигмент, от которого зависит окраска клетки.

Клеточная мембрана состоит из двух слоев молекул жироподобных веществ, между которыми находятся молекулы белков. Мембрана поддерживает нормальную концентрацию солей внутри клетки. При повреждении мембраны клетка погибает.

Цитоплазма представляет собой водно-солевой раствор с растворенными и взвешенными в нем ферментами и другими веществами. В цитоплазме располагаются органеллы — маленькие органы, отграниченные от содержимого цитоплазмы собственными мембранами. Среди них — *митохондрии* — мешковидные образования с дыхательными ферментами, в которых высвобождается энергия. Также в цитоплазме располагаются *рибосомы,* состоящие из белка и РНК, с помощью которых осуществляется биосинтез белка в клетке. *Эн-доплазматическая сеть* — это общая внутриклеточная циркуляционная система, по каналам которой осуществляется транспорт веществ, а на мембранах каналов находятся ферменты, обеспечивающие жизнедеятельность клетки. Важную роль в клетке играет *клеточный центр,* состоящий из двух центриолей. С него начинается процесс деления клетки.

Важнейшей частью всех клеток (кроме бактерий) является *ядро,* в котором находятся хромосомы — длинные нитевидные тельца, состоящие из ДНК и присоединенного к ней белка. Ядро хранит и воспроизводит генетическую информацию, а также регулирует процессы обмена веществ в клетке.

Клетки размножаются путем деления исходной клетки на две дочерние. При этом дочерним клеткам передается полный набор хромосом, несущих генетическую информацию, поэтому перед делением число хромосом удваивается. Такое деление клеток, обеспечивающее одинаковое распределение генетического материала между дочерними клетками, называется *митозом.*

Многоклеточные организмы также развиваются из одной клетки — яйца. Однако в процессе эмбриогенеза клетки видоизменяются. Это приводит к появлению множества разных клеток — мышечных, нервных, кровяных и т.д. Разные клетки синтезируют разные белки. Тем не менее, каждая клетка многоклеточного организма несет в себе полный набор генетической информации для построения всех белков, необходимых для организма.

В зависимости от типа клеток все организмы делятся на д в е группы:

1) *прокариоты* — клетки, лишенные ядра. В них молекулы ДНК не окружены ядерной мембраной и не организованы в хромосомы. К прокариотам относятся бактерии;

2) *эукариоты* — клетки, содержащие ядра. Кроме того, в них есть митохондрии — органеллы, в которых идет процесс окисления. К эукариотам относятся простейшие, грибы, растения и животные, поэтому они могут быть одноклеточными и многоклеточными.

Таким образом, между прокариотами и эукариотами есть существенные отличия в структуре и функционировании генетического аппарата, клеточных стенок и мембранных систем, синтезе белка и т.д. Предполагается, что первыми организмами, появившимися на Земле, были прокариоты. Так считалось до 1960-х гг., когда углубленное изучение клетки привело к открытию архебактерий, строение которых сходно как с прокариотами, так и с эукариотами. Вопрос о том, какие одноклеточные организмы являются более древними, о возможности существования некой первоклетки, из которой потом появились все три эволюционные линии, до сих пор остается открытым.

Изучая живую клетку, ученые обратили внимание на существование двух основных типов ее питания, что позволило все организмы по способу питания разделить на д в а вида:

1) *автотрофные* организмы — организмы, не нуждающиеся в органической пище и могущие осуществлять жизнедеятельность за счет ассимиляции углекислоты (бактерии) или фотосинтеза (растения), т.е. автотрофы сами производят необходимые им питательные вещества;

2) *гетеротрофные* организмы — это все организмы, которые не могут обходиться без органической пищи.

Позднее были уточнены такие важные факторы, как способность организмов синтезировать необходимые вещества (витамины, гормоны и т.д.) и обеспечивать себя энергией, зависимость от экологической среды и др. Таким образом, сложный и дифференцированный характер трофических связей свидетельствует о необходимости системного подхода к изучению жизни и на онтогенетическом уровне. Так была сформулирована концепция функциональной системности П.К. Анохина, в соответствии с которой в одноклеточных и многоклеточных организмах согласованно функционируют различные компоненты систем. При этом отдельные компоненты содействуют и способствуют согласованному функционированию других, обеспечивая тем самым единство и целостность в осуществлении процессов жизнедеятельности всего организма. Функциональная системность также проявляется в том, что процессы на низших уровнях организуются функциональными связями на высших уровнях организации. Особенно заметно функциональная системность проявляется у многоклеточных организмов.

Онтогенетический уровень. Многоклеточные организмы

Основной единицей жизни на онтогенетическом уровне выступает отдельная особь, а элементарным явлением является онтогенез. Биологическая особь может быть как одноклеточным, так и многоклеточным организмом, однако в любом случае она представляет собой целостную, самовоспроизводящуюся систему.

Онтогенезом называется процесс индивидуального развития организма от рождения через последовательные морфологические, физиологические и биохимические изменения до смерти, процесс реализации наследственной информации.

Минимальной живой системой, кирпичиком жизни является клетка, изучением которой занимается цитология. Функционирование и развитие многоклеточных живых организмов составляет предмет физиологии. В настоящее время не создана единая теория онтогенеза, поскольку не установлены причины и факторы, определяющие индивидуальное развитие организма.

Все многоклеточные организмы делятся на три царства: грибы, растения и животные. Жизнедеятельность многоклеточных организмов, а также функционирование их отдельных частей изучается физиологией. Эта наука рассматривает механизмы осуществления различных функций живым организмом, их связь между собой, регуляцию и приспособление организма к внешней среде, происхождение и становление в процессе эволюции и индивидуального развития особи. По сути дела, это и есть процесс онтогенеза — развитие организма от рождения до смерти. При этом происходит рост, перемещение отдельных структур, дифференциация и общее усложнение организма.

Процесс онтогенезиса описывается на основе знаменитого биогенетического закона, сформулированного Э. Геккелем, автором термина «онтогенез». Биогенетический закон утверждает, что онтогенез в краткой форме повторяет филогенез, т.е. отдельный организм в своем индивидуальном развитии в сокращенной форме проходит все стадии развития своего вида. Таким образом, онтогенез представляет собой реализацию наследственной информации, закодированной в зародышевой клетке, а также проверку согласованности всех систем организма во время его работы и приспособления к окружающей среде.

Все многоклеточные организмы состоят из органов и тканей. Ткани — это группа физически объединенных клеток и межклеточных веществ для выполнения определенных функций. Их изучение

является предметом гистологии. Ткани могут образовываться как из одинаковых, так и из разных клеток. Например, у животных из одинаковых клеток построен плоский эпителий, а из разных клеток — мышечная, нервная и соединительная ткани.

Органы — это относительно крупные функциональные единицы, которые объединяют различные ткани в те или иные физиологические комплексы. Внутренние органы есть только у животных, у растений они отсутствуют. В свою очередь, органы входят в состав более крупных единиц — систем организма. Среди них выделяют нервную, пищеварительную, сердечно-сосудистую, дыхательную и другие системы.

Собственно живой организм представляет собой особую внутреннюю среду, существующую во внешней среде. Он образуется в результате взаимодействия генотипа (совокупности генов одного организма) с фенотипом (комплексом внешних признаков организма, сформировавшихся в ходе его индивидуального развития). Таким образом, организм — это стабильная система внутренних органов и тканей, существующих во внешней среде. Однако, поскольку общая теория онтогенеза пока еще не создана, многие процессы, происходящие во время развития организма, не получили своего полного объяснения.

Популяционно-видовой уровень

Популяционно-видовой уровень — это надорганизменный уровень жизни, основной единицей которого является популяция.

Популяция — совокупность особей одного вида, относительно изолированных от других групп этого же вида, занимающих определенную территорию, воспроизводящую себя на протяжении длительного времени и обладающую общим генетическим фондом.

В отличие от популяции *видом* называется совокупность особей, сходных по строению и физиологическим свойствам, имеющих общее происхождение, могущих свободно скрещиваться и давать плодовитое потомство. Вид существует только через популяции, представляющие собой генетически открытые системы. Изучением популяций занимается популяционная биология.

В условиях реальной природы особи не изолированы друг от друга, а объединены в живые системы более высокого ранга. Первой такой системой и является популяция.

Термин «популяция» был введен одним из основоположников генетики В. Иогансеном, который назвал так генетически неоднородную совокупность организмов, отличную от однородной совокупности — чистой линии. Позднее этот термин приобрел более

глубокий смысл. Популяция стала считаться целостной системой, непрерывно взаимодействующей с окружающей средой, способной к трансформации и развитию.

Целостность популяций, проявляющаяся в возникновении новых свойств по сравнению с онтогенетическим уровнем жизни, обеспечивается взаимодействием особей в популяциях и воссоздается через обмен генетической информацией в процессе полового размножения. У каждой популяции есть количественные границы. С одной стороны, это минимальная численность, обеспечивающая самовоспроизводство популяции, а другой — максимум особей, которые могут прокормиться в ареале (месте обитания) данной популяции. Популяция как целое характеризуется такими параметрами, как волны жизни — периодические колебания численности, плотность населения, соотношение возрастных групп и полов, смертность и т.д.

Популяции — генетически открытые системы, так как изоляция популяций не абсолютна и периодически бывает возможным обмен генетической информацией. Именно популяции выступают в качестве элементарных единиц эволюции, изменения их генофонда ведут к появлению новых видов.

Для популяционного уровня организации жизни характерна активная или пассивная подвижность всех компонентов популяции. Это влечет постоянное перемещение особей — членов популяции. Необходимо отметить, что никакая популяция не бывает абсолютно однородной, она всегда состоит из внутрипопуляционных группировок. Также следует помнить о существовании популяций разных рангов — есть постоянные, относительно независимые географические популяции, и временные (сезонные) местные популяции. При этом высокая численность и устойчивость достигаются только в тех популяциях, которые имеют сложную иерархическую и пространственную структуру, т.е. являются неоднородными, гетерогенными, имеют сложные и длинные пищевые цепи. Поэтому выпадение хотя бы одного звена из этой структуры ведет к разрушению популяции или потере ею устойчивости.

Биоценотический уровень

Популяции, представляющие первый надорганизменный уровень живого, являющиеся элементарными единицами эволюции, способными к самостоятельному существованию и трансформации, объединяются в совокупности следующего надорганизменного уровня — биоценозы.

Биоценоз — совокупность всех организмов, населяющих участок среды с однородными условиями жизни, например лес, луг, болото и т.д. Иными словами, биоценоз — это совокупность популяций, проживающих на определенной территории.

Биоценоз представляет собой закрытую систему для чужих популяций, для составляющих его популяций — это открытая система. Составляющие биоценоз популяции находятся в очень сложных отношениях. Мы можем встретить примеры антагонизма, конкуренции, кооперации, паразитизма. Так, пищевые цепи, формирующиеся внутри биоценозов, являют собой пример антагонизма, так как выживание одних организмов обеспечивается за счет гибели других. Например, хищники живут охотой на травоядных, которые, в свою очередь, питаются растениями. Примерами конкуренции могут служить отношения, складывающиеся между хищниками одного биоценоза, которые борются между собой за лучшие места обитания, за самку и т.д. Часто мы сталкиваемся с паразитизмом, при этом паразиты (глисты, насекомые, микроорганизмы) живут за счет своего хозяина (растения или животного). И, наконец, имеет место кооперация, или симбиоз, при которой организмы разных видов помогают друг другу в выживании. Таковы взаимовыгодные отношения между цветами и насекомыми-опылителями, при которых пчелы получают нектар, необходимый для производства меда, а растения размножаются.

Обычно биоценозы состоят из нескольких популяций и являются составным компонентом более сложной системы — биогеоценоза.

Биогеоценотический уровень

Биогеоценоз — сложная динамическая система, представляющая собой совокупность биотических и абиотических элементов, связанных между собой обменом вещества, энергии и информации, в рамках которой может осуществляться круговорот веществ в природе.

Это означает, что биогеоценоз — устойчивая система, которая может существовать на протяжении длительного времени. Равновесие в живой системе динамично, т.е. представляет собой постоянное движение вокруг определенной точки устойчивости. Для стабильного функционирования живой системы необходимо наличие обратных связей между ее управляющей и управляемой подсистемами. Такой способ поддержания динамического равновесия называется *гомеостазом.* Нарушение динамического равновесия между различными элементами биогеоценоза, вызванное массовым размножением одних видов и сокращением или исчезновением других, приводящее к изменению качества окружающей среды, называют *экологической катастрофой.*

Термин «биогеоценоз» был предложен в 1940 г. русским ботаником В.Н. Сукачевым, который обозначил этим термином сово-

купность однородных природных явлений (атмосферы, горных пород, водных ресурсов, растительности, животного мира, почвы), распространенных на некотором протяжении земной поверхности, имеющих определенный тип обмена веществом и энергией между ними и окружающими элементами, представляющих противоречивое единство. Представляя собой единство живого и неживого, биогеоценоз находится в постоянном движении и развитии, поэтому меняется с течением времени.

Биогеоценоз — это целостная саморегулирующаяся система, в которой выделяют несколько типов подсистем:

1) первичные системы — *продуценты* (производящие), непосредственно перерабатывающие неживую материю (водоросли, растения, микроорганизмы);

2) *консументы первого порядка* — вторичный уровень, на котором вещество и энергия получаются за счет использования продуцентов (травоядные животные);

3) *консументы второго порядка* (хищники и т.д.);

4) *падальщики (сапрофиты* и *сапрофаги),* питающиеся мертвыми животными;

5) *редуценты* — это группа бактерий и грибов, разлагающие остатки органической материи.

В результате жизнедеятельности сапрофитов, сапрофагов и редуцентов в почву возвращаются минеральные вещества, что увеличивает ее плодородие и обеспечивает питание растений. Поэтому падальщики и редуценты — очень важная часть пищевых цепей.

Через эти уровни в биогеоценозе проходит круговорот веществ — жизнь участвует в использовании, переработке и восстановлении различных структур. Но круговорота энергии при этом не происходит: с одного уровня на другой, более высокий, переходит около 10% энергии, поступившей на предыдущий уровень. Обратный поток не превышает 0,5%. Иными словами, в биогеоценозе существует однонаправленный энергетический поток. Это делает его незамкнутой системой, неразрывно связанной с соседними биогеоценозами. Данная связь проявляется в разных формах: газообразной, жидкой, твердой, а также в форме миграции животных.

Саморегуляция биогеоценозов протекает тем успешнее, чем разнообразнее количество составляющих его элементов. От многообразия компонентов зависит устойчивость биогеоценозов. Выпадение одного или нескольких компонентов может привести к необратимому нарушению равновесия биогеоценоза и гибели его как целостной системы. Так, тропические биогеоценозы в силу огромного количества растений и животных, входящих в них, намного устойчивее умеренных или арктических биогеоценозов, более бедных в плане видового разнообразия. По той же причине озеро, являющее-

ся природным биогеоценозом с достаточным разнообразием живых организмов, намного устойчивее пруда, созданного человеком и не могущего существовать без постоянного ухода за ним. Это вызвано тем, что высокоорганизованные организмы для своего существования нуждаются в более простых организмах, с которыми они связаны трофическими цепями. Поэтому фундаментом любого биогеоценоза являются простейшие и низшие организмы, большей частью автотрофные микроорганизмы и растения. Они напрямую связаны с абиотическими компонентами биогеоценоза — атмосферой, водой, почвой, солнечной энергией, с использованием которой создают органическое вещество. Они же составляют жизненную среду для гетеротрофных организмов — животных, грибов, вирусов, человека. Эти организмы, в свою очередь, участвуют в жизненных циклах растений — опыляют, распространяют плоды и семена. Так происходит круговорот веществ в биогеоценозе, фундаментальную роль в котором играют растения. Поэтому границы биогеоценозов чаще всего совпадают с границами растительных сообществ.

Биогеоценозы — структурные элементы следующего надорганизменного уровня жизни. Они составляют биосферу и обусловливают все процессы, протекающие в ней.

Биосферный уровень

Биосферный уровень — наивысший уровень организации жизни, охватывающий все явления жизни на нашей планете.

Биосфера — это живое вещество планеты (совокупность всех живых организмов планеты, включая человека) и преобразованная им окружающая среда.

Биотический обмен веществ — это фактор, который объединяет все другие уровни организации жизни в одну биосферу.

На биосферном уровне происходит круговорот веществ и превращение энергии, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на Земле. Таким образом, биосфера является единой экологической системой. Изучение функционирования этой системы, ее строения и функций — важнейшая задача биологии. Занимаются изучением этих проблем экология, биоценология и биогеохимия.

В системе современного научного мировоззрения понятие биосферы занимает ключевое место. Сам термин «биосфера» появился в 1875 г. Он был введен австрийским геологом и палеонтологом Э. Зюссом для обозначения самостоятельной сферы нашей плане-

ты, в которой существует жизнь. Зюсс дал определение биосферы как совокупности организмов, ограниченной в пространстве и времени и обитающей на поверхности Земли. Но он не придавал значения среде обитания этих организмов.

Тем не менее, Зюсс не был первооткрывателем, так как разработка учения о биосфере имеет довольно длинную предысторию. Одним из первых вопрос о влиянии живых организмов на геологические процессы рассмотрел Ж. Б. Ламарк в книге «Гидрогеология» (1802). В частности, Ламарк говорил о том, что все вещества, находящиеся на поверхности Земли и образующие ее кору, сформировались благодаря деятельности живых организмов. Затем был грандиозный многотомный труд А. Гумбольдта «Космос» (первая книга вышла в 1845 г.), в котором множество фактов доказывало взаимодействие живых организмов с теми земными оболочками, в которые они проникают. Поэтому Гумбольдт рассматривал в качестве единой оболочки Земли, целостной системы атмосферу, гидросферу и сушу с обитающими в них живыми организмами.

Но о геологической роли биосферы, ее зависимости от планетарных факторов Земли, ее строении и функциях еще не было сказано ничего. Разработка учения о биосфере неразрывно связана с именем выдающегося российского ученого В.И. Вернадского. Его концепция складывалась постепенно, от первой студенческой работы «Об изменении почвы степей грызунами» к «Живому веществу», «Биосфере» и «Биогеохимическим очеркам». Итоги его размышлений были подведены в работах «Химическое строение биосферы Земли» и «Философские мысли натуралиста», над которыми он работал в последние десятилетия своей жизни. Именно Вернадскому удалось доказать связь органического мира нашей планеты, выступающего в виде единого нераздельного целого, с геологическими процессами на Земле, именно он открыл и изучил биогеохимические функции живого вещества.

Ключевым понятием в концепции Вернадского стало понятие *живого вещества,* под которым ученый понимал совокупность всех живых организмов нашей планеты, включая человека. В состав живого вещества он включал также часть окружающей его внешней среды, необходимой для поддержания нормальной жизнедеятельности организмов; выделения и части, теряемые организмами; умершие организмы, а также органические смеси, находящиеся вне организмов. Важнейшим отличием живого вещества от косной материи Вернадский считал молекулярную дисимметрию живого, открытую в свое время Пастером (молекулярную хиральность согласно современной терминологии). Используя это понятие, Вернадскому удалось доказать, что не только окружающая среда влияет на живые организмы, но и жизнь способна действенно формировать

среду своего обитания. Действительно, на уровне отдельного организма или биоценоза влияние жизни на окружающую среду проследить очень сложно. Но, введя новое понятие, Вернадский вышел на качественно новый уровень анализа жизни и живого — биосферный уровень.

Биосфера, согласно Вернадскому, — это живое вещество планеты (совокупность всех живых организмов Земли) и преобразованная им среда обитания (косное вещество, абиотические элементы), в которую входят гидросфера, нижняя часть атмосферы и верхняя часть земной коры. Таким образом, это не биологическое, геологическое или географическое понятие, а фундаментальное понятие биогеохимии — новой науки, созданной Вернадским для изучения геохимических процессов, проходящих в биосфере при участии живых организмов. В новой науке биосферой стали называть один из основных структурных компонентов организованности нашей планеты и околоземного космического пространства. Это сфера, в которой осуществляются биоэнергетические процессы и обмен веществ вследствие деятельности жизни.

Благодаря новому подходу Вернадский исследовал жизнь как могучую геологическую силу, действенно формирующую облик Земли. Живое вещество стало тем звеном, которое соединило историю химических элементов с эволюцией биосферы. Введение нового понятия также позволяло поставить и решить вопрос о механизмах геологической активности живого вещества, источниках энергии для этого.

Живое вещество и косное вещество постоянно взаимодействуют в биосфере Земли — в непрерывном круговороте химических элементов и энергии. Вернадский писал о биогенном токе атомов, который вызывается живым веществом и выражается в постоянных процессах дыхания, питания и размножения. Например, круговорот азота связан с превращением в нитраты молекулярного азота атмосферы. Нитраты усваиваются растениями и в составе их белков попадают к животным. После смерти растений и животных их тела оказываются в почве, где гнилостные бактерии разлагают органические останки до аммиака, который затем окисляется в азотную кислоту.

На Земле идет непрерывное обновление биомассы (за 7—8 лет), при этом в круговорот вовлекаются абиотические элементы биосферы. Например, воды Мирового океана прошли через биогенный цикл, связанный с фотосинтезом, не менее 300 раз, свободный кислород атмосферы обновлялся не менее 1 млн. раз.

Также Вернадский отмечал, что биогенная миграция химических элементов в биосфере стремится к своему максимальному проявлению, а эволюция видов ведет к появлению новых видов, увеличивающих биогенную миграцию атомов.

Вернадский также впервые отметил, что живое вещество стремится к максимальному заселению среды обитания, причем количество живого вещества в биосфере остается стабильным на протяжении целых геологических эпох. Эта величина не менялась, по крайней мере, последние 60 млн. лет. Количество видов при этом также оставалось неизменным. Если в каком-то месте Земли количество видов убавляется, то в другом месте — прибавляется. В наши дни исчезновение огромного числа видов растений и животных связано поэтому с распространением человека и его неразумной деятельностью по преобразованию природы. Население Земли растет за счет гибели других видов.

Благодаря биогенной миграции атомов живое вещество выполняет свои геохимические функции. Современная наука классифицирует их по пяти категориям:

- *концентрационная функция* — выражается в накоплении определенных химических элементов как внутри, так и вне живых организмов благодаря их деятельности. Результатом стало появление запасов полезных ископаемых (известняки, нефть, газ, уголь и т.д.);
- *транспортная функция* — тесно связана с концентрационной функцией, так как живые организмы переносят нужные им химические элементы, которые затем накапливаются в местах их обитания;
- *энергетическая функция* — обеспечивает потоки энергии, пронизывающие биосферу, что дает возможность осуществлять все биогеохимические функции живого вещества. Важнейшую роль в этом процессе играют фотосинтезирующие растения, преобразующие солнечную энергию в биогеохимическую энергию живого вещества биосферы. Эта энергия тратится на все грандиозные преобразования облика нашей планеты;
- *деструктивная функция* — связана с разрушением и переработкой органических останков, в ходе которых накопленные организмами вещества возвращаются в природные циклы, идет круговорот веществ в природе;
- *средообразующая функция* — проявляется в преобразовании окружающей среды под действием живого вещества. Мы можем смело утверждать, что весь современный облик Земли — состав атмосферы, гидросферы, верхнего слоя литосферы, большая часть полезных ископаемых, климат — являются результатом действия Жизни. Так, зеленые растения обеспечивают Землю кислородом и накапливают энергию, микроорганизмы участвуют в минерализации органических веществ, образовании ряда горных пород и почвообразовании.

При всей грандиозности задач, которые решают живое вещество и биосфера Земли, сама биосфера (по сравнению с другими геосферами) представляет собой очень тонкую пленку. Сегодня принято считать, что в атмосфере микробная жизнь имеет место примерно до высоты 20—22 км над земной поверхностью, а наличие жизни в глубоких океанических впадинах опускает эту границу до 8—11 км ниже уровня моря. Углубление жизни в земную кору много меньше, и микроорганизмы обнаружены при глубинном бурении и в пластовых водах не глубже 2—3 км. В состав биосферы Вернадский включал:

- живое вещество;
- биогенное вещество — вещество, создаваемое и перерабатываемое живыми организмами (каменный уголь, нефть, газ и т.д.);
- косное вещество, образованное в процессах без участия живого вещества;
- вещества, создаваемые живыми организмами и косными процессами, и их динамическое равновесие;
- вещества, находящиеся в процессе радиоактивного распада;
- рассеянные атомы, выделяющиеся из земного вещества под влиянием космических излучений;
- вещество космического происхождения, включающее отдельные атомы и молекулы, проникающие на Землю из космоса.

Разумеется, жизнь в биосфере распространена неравномерно, существуют так называемые сгущения и разрежения жизни. Наиболее густо населены нижние слои атмосферы (50 м от земной поверхности), освещенные слои гидросферы и верхние слои литосферы (почва). Также следует отметить, что тропические области заселены намного плотнее, чем пустыни или ледяные поля Арктики и Антарктики. Глубже в земную кору, в океан, а также выше в атмосферу количество живого вещества уменьшается. Таким образом, эта тончайшая пленка жизни покрывает абсолютно всю Землю, не оставляя ни одного места на нашей планете, где бы не было жизни. При этом нет резкой границы между биосферой и окружающими ее земными оболочками.

Долгое время идеи Вернадского замалчивались, и вновь к ним вернулись лишь в середине 1970-х гг. Во многом это произошло благодаря трудам российского биолога Г.А. Заварзина, который доказал, что основным фактором становления и функционирования биосферы были и остаются многосторонние трофические связи. Они установились не менее чем 3,4—3,5 млрд. лет назад и с тех пор определяют характер и масштабы круговорота элементов в оболочках Земли.

В начале 1980-х гг. английским химиком Дж. Лавлоком и американским микробиологом Л. Маргулис была предложена очень интересная концепция Геи-Земли. Согласно ей биосфера представ-

ляет собой единый суперорганизм с развитым гомеостазом, делающим его относительно независимым от флуктуации внешних факторов. Но если саморегулирующаяся система Геи-Земли попадает в состояние стресса, близкое к границам саморегуляции, даже маленькое потрясение может толкнуть ее к переходу в новое состояние или даже к полному уничтожению системы. В истории нашей планеты уже не раз случались такие глобальные катастрофы. Самой известной из них является исчезновение динозавров около 60 млн. лет назад. Сейчас Земля вновь переживает глубокий кризис, поэтому так важно продумать стратегию дальнейшего развития человеческой цивилизации.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Афанасьев В.Г.* Мир живого: системность, эволюция и управление. М., 1986.
2. *Барг О.А.* Живое в едином мировом процессе. Пермь, 1993.
3. *Борзенко В.Г., Северцов А.В.* Теоретическая биология: размышление о предмете. М., 1980.
4. *Вернадский В. И.* Биосфера и ноосфера // Живое вещество и биосфера. М., 1994.
5. *Вернадский В.И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. М., 1987.
6. *Дубинин Н.П.* Очерки о генетике. М., 1985.
7. *Кемп П., Армс К.* Введение в биологию. М., 1988.
8. *Кристин де Дюв.* Путешествие в мир живой клетки. М., 1987.
9. *Югай Г.А.* Общая теория жизни. М., 1985.

Глава 10
Происхождение и сущность жизни

10.1. Сущность жизни

Вопросы о происхождении и сущности жизни стали предметом интереса человека очень давно. Они наряду с вопросами о происхождении Вселенной и человека составляют фундамент нашего мировоззрения. Необходимо отметить, что на самом деле это не два вопроса, а один, сформулированный в двух своих аспектах. И действительно, невозможно узнать, как появилась жизнь на Земле, если не знать, что это такое. В то же время нельзя ответить на вопрос, что такое жизнь, не рассматривая вопрос о ее происхождении. При попытке определить сущность жизни на научном уровне возникают значительные трудности, поскольку есть признаки, общие как для живой, так и для неживой природы, при этом выделить какой-либо существенный и единственный критерий жизни современной науке пока не удалось.

Определение жизни

В современной науке жизнь и живое являются объектом исследования многих естественно-научных дисциплин, начиная с биологии и смежных с нею отраслей научного знания и завершая философией, математикой, рассматривающих абстрактные модели феномена живого, а также физикой, определяющей жизнь с позиций физических закономерностей. Ключевым вопросом многих из этих исследований является вопрос о сущности жизни, рассматриваемый различными естественно-научными направлениями и философскими школами по-разному.

Долгое время в науке существовало два основных подхода к решению этого вопроса — механицизм и витализм. Механистический материализм, характерный для классической науки Нового времени, не признавал качественной специфики живых организмов и представлял жизненные процессы как результат действия химических и физических процессов. Поэтому *механицизм* отождествлял живые организмы со сложными машинами. Однако такой подход

неверен в самой своей основе, ведь аналогия между живым существом и машиной не объясняет причину целесообразности живого организма. Целесообразность машин связана с тем, что они целенаправленно создаются человеком для выполнения определенных работ, и потому имеют соответствующее устройство. Но оценивать жизнь с таких позиций, оставаясь в рамках материалистического мировоззрения, нельзя, иначе нам придется признать существование творца всего живого — Бога. Таким образом, механицизм и его более поздняя разновидность — редукционизм всякий раз беспомощно останавливались перед проблемой сущности жизни.

Противоположной точкой зрения выступал *витализм* (от лат. vitalis — жизненный), который объяснял качественное отличие живого от неживого наличием в живых организмах особой «жизненной силы», отсутствующей в неживых предметах и не подчиняющейся физическим законам. Такое решение проблемы сущности жизни тесно связано с признанием факта творения ее Богом, иным разумным началом и т.д.

На обыденном уровне мы все интуитивно понимаем, что представляет собой живое, а что — неживое. Однако при попытке четко сформулировать определение жизни возникают большие трудности, так как сущность жизни понимается и определяется неоднозначно.

Большинство ученых убеждено, что жизнь представляет собой особую форму существования материального мира. До конца 1950-х гг. в научной и философской литературе общепринятым было знаменитое определение Ф. Энгельса, согласно которому жизнь есть способ существования белковых тел, состоящий в постоянном самообновлении их химических составных частей. Но постепенно стало очевидным, что субстратная основа жизни не сводится только к белкам, а функциональная — к присущему белковым телам обмену веществ. Также ученым удалось точно установить, что качественное Отличие живого от неживого заключено в структуре их соединений, в строении и связях, особенностях функций, характеристике и организации протекающих в организме процессов. Кроме того, жизнь отличается динамичностью и лабильностью. Но при этом можно говорить о полном тождестве химических элементов, входящих в состав живого и неживого.

На основании новых данных во второй половине XX в. появились новые определения жизни. Например, определение канадского биолога Г. Селье, в соответствии с которым жизнь понимается как процесс непрерывной адаптации организмов к постоянно изменяющимся условиям внешней и внутренней среды. При этом организм оказывается способным поддерживать стабильность всех своих структур и функций, несмотря на воздействие различных внешних факторов.

Современная биология в вопросе о сущности жизни все чаще идет по пути перечисления основных свойств живых организмов. При этом акцент делается на то, что только совокупность данных свойств может дать представление о специфике жизни. Таково определение жизни Б.М. Медникова. Он называет жизнью активное, идущее с затратой энергии поддержание и воспроизведение специфических структур, обладающих следующими свойствами: наличие генотипа и фенотипа; репликация генетических программ матричным способом; неизбежность ошибок на микроуровне при репликации, приводящих к мутациям; многократное усиление этих изменений в ходе формирования фенотипа и их селекция со стороны факторов внешней среды.

В этом определении акцент сделан на то, что жизнь связана с воспроизведением характерной для каждого вида упорядоченности. При этом организм воспроизводит себя и поддерживает свою целостность за счет использования элементов окружающей среды с более низкой упорядоченностью. Чужая упорядоченность организму не нужна, так как это будет означать воспроизведение чуждых для него структур, что приведет к гибели данного организма. Именно это происходит, когда в клетку проникает вирус, заставляющий ее развиваться по его генетической программе. Так возникают болезни, могущие привести к гибели всего организма. Поэтому любой организм имеет иммунную систему, защищающую его от проникновения «чужаков». Сбой в работе иммунной системы очень опасен для любого организма, хотя в некоторых случаях (например, при пересадке органов) иммунитет приходится подавлять искусственно, чтобы избежать отторжения пересаженного органа.

Даже в процессе питания, когда мы поглощаем части растений и животных, в первую очередь идет разрушение чужой упорядоченности. При этом белки расщепляются до аминокислот, сложные углеводы — до моносахаридов, нуклеиновые кислоты — до нуклео-тидов. И лишь после этого организм из этих элементарных «кирпичиков» живого строит те белки и нуклеиновые кислоты, которые необходимы ему. Так что организмы берут извне не готовую упорядоченность, а энергию (растения — свет, животные — малоокис-ленные соединения для их сжигания в процессе дыхания), с помощью которой они воссоздают свою специфическую структуру.

Очевидным фактом в вопросе сущности жизни является то, что живые организмы существенно отличаются от неживых систем. Эти отличия придают жизни качественно новые свойства. Живым организмам присущи определенные специфические свойства. Часто эти свойства в той или иной степени характерны и для неживой природы, что подчеркивает единство эволюционных процессов. Однако проявление этих свойств и их совокупность не схожи у живых и

неживых объектов. Именно совокупность и характер проявления свойств как раз и определяют сущность жизни. Поэтому для того, чтобы понять сущность жизни, необходимо, прежде всего, установить путем сравнительного анализа, что такое живое и чем оно отличается от неживого.

Критерии живых систем

Единство химического состава. В состав живых организмов и неживых предметов входят одни и те же химические элементы, однако соотношение элементов в живом и неживом существенно различается. Элементный состав неживой природы наряду с кислородом представлен в основном кремнием, железом, магнием, алюминием и т.д. В живых организмах, как уже отмечалось ранее, 98% химического состава приходится на четыре элемента: углерод, кислород, азот и водород. Кроме того, живые организмы построены в основном из четырех сложных органических молекул — биологических полимеров: нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов и жиров, которые очень редко встречаются в неживой природе.

Обмен веществ. Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой: они поглощают из нее необходимые вещества и выделяют продукты своей жизнедеятельности. Обмен веществ — двусторонний процесс: во-первых, в результате ряда сложных химических превращений вещества окружающей среды уподобляются органическим веществам живого организма, и из них строится его тело; во-вторых, сложные органические соединения распадаются на простые, при этом утрачивается их сходство с веществами организма и выделяется энергия, необходимая для реакций биосинтеза. Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава и строения всех частей организма и, как следствие, постоянство их функционирования в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды, т.е. гомеостаз. В неживой природе также существует обмен веществ, но в отличие от обмена веществ, присущего живым организмам, круговорот веществ сводится к их простому переносу с одного места на другое или изменению их агрегатного состояния.

Самовоспроизведение (репродукция) и наследственность. При размножении живых организмов потомство обычно похоже на родителей, что дает основания утверждать, что размножение — это свойство организмов воспроизводить себе подобных. В основе самовоспроизведения лежит образование новых молекул и структур на основе информации, заложенной в ДНК. Благодаря репродукции не только целые организмы, но и клетки, а также органоиды клеток после деления сходны со своими прототипами. Следова-

тельно, самовоспроизведение тесно связано с наследственностью — способностью организмов к передаче свойств, признаков, особенностей развития из поколения в поколение, что обусловливает преемственность поколений.

Изменчивость и развитие. Изменчивость создает разнообразный материал для естественного отбора и соответственно предпосылки для развития и роста живых организмов.

Под **изменчивостью** в естествознании понимают способность организмов приобретать новые признаки и свойства на основе изменения молекул ДНК.

Развитие — это необратимое, направленное, закономерное изменение объектов живой природы.

В результате развития возникает новое качественное состояние живой системы. Развитие жизни как формы существования материи представлено индивидуальным развитием организмов (онтогенез) и историческим развитием видов (филогенез). В процессе развития постепенно и последовательно формируется специфическая структурная организация живого организма, а также происходит увеличение его массы, обусловленое репродукцией макромолекул, элементарных структур клеток и самих клеток.

Раздражимость. Любой живой организм неразрывно связан с окружающей средой: он извлекает из нее необходимые вещества, подвергается воздействию неблагоприятных факторов среды, вступает во взаимодействие с другими организмами и т.д.

В процессе эволюции у живых организмов выработалось и закрепилось свойство **раздражимости** — избирательной реакции на внешние воздействия.

Всякое изменение условий среды, окружающих организм, представляет собой по отношению к нему раздражение, а реакция организма на внешние раздражители служит показателем его чувствительности и проявлением раздражимости.

Ритмичность. Неотъемлемым свойством природы является последовательная закономерная смена циклов. Периодические изменения **в** окружающей среде оказывают существенное влияние на живую природу и на собственные жизненные ритмы живых организмов.

В живых системах **ритмичность** проявляется в периодических изменениях интенсивности физиологических функций с различными периодами их активизации (от нескольких секунд до столетия).

Примерами ритмичности являются суточные ритмы сна и бодрствования у человека, сезонные ритмы активности и спячки у некоторых млекопитающих и др. Ритмичность обеспечивает согласование функций организма с окружающей средой, т.е. приспособление к периодически изменяющимся условиям существования.

Саморегуляция. Несмотря на постоянные изменения условий внешней среды, живые организмы сохроняют постояность своего состава и строения.

Саморегуляция — способность живых организмов поддерживать постоянство своего химического состава и интенсивность физиологических процессов в постоянно меняющихся условиях окружающей среды.

При этом недостаток поступления каких-либо питательных веществ мобилизует внутренние ресурсы организма, а их избыток приводит к прекращению синтеза. Например, уменьшение количества клеток в ткани (в результате травмы) вызывает усиленное размножение оставшихся клеток, а после восстановления количества клеток до нормального возникает сигнал о прекращении интенсивности клеточного деления.

Дискретность. Как уже было отмечено, жизнь на Земле существует в виде дискретных форм, т.е. как биосфера в целом, так и каждый отдельный организм состоят из обособленных или отграниченных в пространстве, но тем не менее тесно связанных и взаимодействующих между собой частей, образующих структурно-функциональное единство. Дискретность строения организма — основа его структурной упорядоченности. Она создает возможность постоянного самообновления его путем замены отживших структурных элементов без прекращения выполняемой им функции. Дискретность вида предопределяет возможность его эволюции через гибель или устранение от размножения неприспособленных особей и сохранения особей с полезными для выживания признаками.

Таким образом, в обобщенном и упрощенном виде все отмеченное выше можно выразить в следующих выводах.

Все живые организмы питаются, дышат, растут, размножаются и распространяются в природе. Естественно, что данные признаки должны быть отражены в определении жизни. Исходя из этого можно предложить следующее определение жизни.

В современном естествознании понятием **«жизнь»** или **«живое»** обозначается высшая из природных форм движения материи, которая характеризуется самообновлением, саморегуляцией и самовоспроизведением разноуровневых открытых систем, основу которых составляют белки, нуклеиновые кислоты и фосфорорганические соединения.

Важнейшими признаками жизни являются противостояние энтропийным процессам, обмен веществ с окружающей средой, воспроизводство на основе генетического кода и молекулярная хиральность.

10.2. Основные концепции происхождения жизни

Разнообразие концепций происхождения жизни

Загадка появления жизни на Земле с незапамятных времен волнует людей. На протяжении веков менялись взгляды на эту проблему и было высказано большое количество самых разнообразных гипотез и концепций. Некоторые из них получили широкое распространение и доминировали в те или иные периоды развития естествознания. К такого рода концепциям происхождения жизни относят:

1) креационизм, утверждающий, что жизнь создана сверхъестественным существом в результате акта творения;
2) концепцию стационарного состояния, в соответствии с которой жизнь существовала всегда;
3) концепцию самопроизвольного зарождения жизни, основывающуюся на идее многократного возникновения жизни из неживого вещества;
4) концепцию панспермии, утверждающую, что жизнь занесена на Землю из космоса;
5) концепцию случайного однократного происхождения жизни;
6) концепцию закономерного происхождения жизни путем биохимической эволюции.

Такое разнообразие взглядов вызвано тем обстоятельством, что точно воспроизвести или экспериментально подтвердить процесс зарождения жизни сегодня невозможно. Отмеченные теории преимущественно опираются на умозрительные представления как исследователей естественно-научного направления, так и исследователей, придерживающихся теологических взглядов.

Концепция креационизма

Концепция креационизма имеет самую длинную историю, так как практически во всех религиях возникновение жизни рассматривается как акт Божественного творения, свидетельством чего является наличие в живых организмах особой силы, которая управляет всеми биологическими процессами. Процесс божественного сотворения мира и живого недоступен для наблюдения, и божественный замысел недоступен человеческому пониманию.

Интересно в креационизме был решен вопрос о продолжительности акта творения мира. В Библии сказано, что Бог сотворил мир в шесть дней. Некоторые христианские теологи верят, что это были обычные дни по 24 часа. Другие богословы относились к библейским текстам как к аллегориям и считали, что каждый день творения занимал тысячу лет. Но во всех случаях рассуждения о происхождении жизни базируются лишь на вере в библейские откровения, сомневаться в которых нельзя. Научные же истины в соответствии с принципом фальсификации всегда подвергаются сомнению.

Таким образом, концепция креационизма, по существу, научной не является, ведь она возникла в рамках религиозного мировоззрения. Она утверждает, что жизнь такова, какова она есть, потому что такой ее сотворил Бог. Тем самым практически снимается вопрос о научном решении проблемы происхождения жизни, так как все религии требует принимать это положение на веру, без доказательств. Тем не менее, концепция креационизма продолжала и продолжает пользоваться довольно большой популярностью.

Концепция стационарного состояния

Сторонники теории вечного существования жизни считают, что Земля никогда не возникала, а существовала вечно, и вместе с ней всегда существовали различные виды живого. При этом какие-то из видов при изменении условий окружающей среды вымерли, какие-то переместились в новые биологические ниши, а какие-то резко поменяли численность. Большая часть аргументов в пользу этой теории основана на исследованиях палеонтологов, выявивших исчезновение некоторых видов животных в процессе эволюции, отсутствие следов переходных звеньев между разными видами живого и все более высокими оценками возраста Земли. Именно поэтому сторонники теории стационарного состояния заявляют, что жизнь на Земле никогда не возникала, а существовала всегда. В разные геологические эпохи менялись лишь формы жизни. Также они считают, что и виды животных никогда не возникали, а также существовали всегда, что у каждого вида есть лишь две возможности существования: изменение численности или вымирание.

Строго говоря, данную теорию нельзя относить к концепциям происхождения жизни, поскольку вопрос о происхождении жизни в ней принципиально не стоит: жизнь рассматривается как вечно существующая.

Концепция самопроизвольного зарождения жизни

Данная концепция также зародилась давно и долгое время была единственной альтернативной креационизму. Идея о самопроиз-

вольном зарождении жизни появилась в результате повседневных наблюдений за тем, как в мусорных кучах, гниющих отбросах постоянно появляются личинки, черви, мухи. Поскольку о существовании микроорганизмов в те далекие времена не было ничего известно, то считалось, что все низшие организмы появляются путём самозарождения. Ученые Средневековья, например, допускали, что рыбы могли зародиться из ила, мыши — из грязи, мухи — из мяса и т.д. Подобных взглядов придерживались многие известные ученые (Аристотель, Парацельс, Коперник, Галилей, Декарт и др.), благодаря авторитету которых концепция самопроизвольного зарождения жизни смогла существовать так долго.

Однако начиная с XVII в. стали накапливаться данные, противоречащие такому пониманию происхождения жизни. В 1668 г. итальянский естествоиспытатель и врач Ф. Реди провел серию опытов, которыми доказал, что белые черви в гниющем мясе есть не что иное, как личинки мух. Его опыты были простыми и убедительными. В несколько сосудов он положил кусочки мяса. Часть этих сосудов он оставил открытыми, а часть прикрыл материей, пропускающей воздух. Вскоре в первых сосудах появились личинки мух, а в прикрытых сосудах их не было. Тем самым он доказал невозможность самозарождения червей из гниющего мяса в отсутствие мух. В результате проведенных опытов Реди сформулировал свой знаменитый принцип: «Все живое — от живого». Поэтому Реди стал основоположником концепции биогенеза, утверждавшей, что жизнь возникает только из предшествующей жизни.

Несмотря на убедительность опытов Реди, споры вокруг этой теории продолжались вплоть до середины XIX в., когда знаменитый французский ученый Луи Пастер своими простыми и оригинальными опытами окончательно доказал невозможность самозарождения простых организмов. Опыты Пастера продемонстрировали, что микроорганизмы появляются в органических растворах в силу того, что туда были ранее занесены их зародыши. Если же сосуд с питательной средой оградить от занесения в него микробов, проведя стерилизацию (пастеризацию), то никакого самозарождения не произойдет. Опыты Пастера подтвердили принцип Реди и показали научную несостоятельность концепции спонтанного самозарождения организмов. Но, опровергнув эту концепцию, Пастер, к сожалению, не предложил никакой другой идеи. Поэтому в середине XIX в. наука не могла ничего сказать о том, как возникла жизнь на Земле.

Концепция самозарождения жизни, несмотря на свою ошибочность, сыграла позитивную роль в развитии естествознания, поскольку опыты, призванные подтвердить ее, помогли получить богатый эмпирический материал для развивающейся биологической науки.

Концепция панспермии

Практически одновременно с опытами Пастера немецким ученым Г. Рихтером была высказана гипотеза о занесении живых существ на Землю из космоса, получившая позднее название концепции панспермии (от греч. *pan* — весь, *sperma* — семя). Согласно этой гипотезе жизнь в виде «семян» широко распространена в космосе, откуда зародыши простых организмов могли попасть в земные условия вместе с метеоритами и космической пылью и дать начало эволюции всего живого, породив таким образом все многообразие земной жизни. То есть данная теория допускала возможность возникновения жизни в разное время в разных частях Галактики и перенесения ее на Землю тем или иным способом. Основную идею концепции панспермии разделяли крупнейшие ученые конца XIX в. У. Томсон (барон Кельвин), Г. Гельмгольц, В.И. Вернадский и др.

В 1908 г. шведский химик С. Аррениус выдвинул схожую гипотезу происхождения жизни из космоса. Он высказал мысль, что зародыши жизни вечно существуют во Вселенной, движутся в космическом пространстве под влиянием световых лучей и, оседая на поверхности планет, дают начало жизни на них. Жизнь на нашей Земле начала свое развитие тогда, когда на нее из Космоса попали зародыши жизни.

Концепция панспермии была поддержана многими известными учеными, что способствовало ее широкому распространению. Довольно большое число сторонников имеет эта концепция и в наши дни. Так, американские астрономы, изучая газовую туманность, отстоящую от Земли на 25 тысяч световых лет, нашли в ее спектре следы аминокислот и других органических веществ. В начале 1980-х гг. американские исследователи обнаружили в Антарктиде осколок породы, выбитой когда-то с поверхности Марса крупным метеоритом. При помощи электронного микроскопа в этом камне были обнаружены окаменевшие останки микроорганизмов, похожие на земные бактерии. Это говорит о том, что в прошлом на Марсе существовала примитивная жизнь, может быть, она есть там и сейчас.

Тем не менее, серьезных аргументов в пользу концепции панспермии нет. При этом существуют серьезные доводы против нее. Дело в том, что, хотя спектр возможных условий для существования живых организмов достаточно широк, все же считается, что они должны погибнуть в космосе под действием ультрафиолетовых и космических лучей.

Были попытки опровергнуть это положение. Так, голландский ученый М. Гринберг считал, что на нашу планету жизнь была занесена кометами. По его мнению, живые клетки зародились в газовых

хвостах комет. Поэтому он попытался воспроизвести в лабораторных условиях кометную среду. Для этого Гринберг охладил смесь метана, окиси углерода и воды до температуры — 269°С и подверг ультрафиолетовому облучению. В результате он получил сложные органические соединения. Однако опыты Гринберга не изменили мнения большинства ученых.

Космическая гипотеза возникновения жизни получила продолжение в настоящее время в исследованиях Ф. Хойла, предположившего, что микроорганизмы образуются в космическом пространстве, захватываются кометами и рассеиваются в пространстве планет, мимо которых они пролетают. Но предопределенность такого возникновения жизни чрезвычайно мала, а одна только возможность — это не самое главное условие для зарождения живого в Космосе или на Земле.

Некоторая часть ученых склоняется к версии о «направленной» панспермии. Она довольно неплохо изложена в произведениях некоторых писателей-фантастов. Суть ее — в признании существования некой галактической сверхцивилизации сеятелей, которые создают и распространяют семена жизни по разным планетам. Среди ее сторонников — английский профессор Ф. Крик, один из первооткрывателей структуры гена, предложивший свою гипотезу еще в 1971 г. К сожалению, при всей своей привлекательности эта версия не выдерживает строгой научной критики, у нас нет ни одного довода в ее пользу.

Кроме того, все существующие варианты концепции панспермии в конечном счете не решают проблемы происхождения жизни. Они лишь выносят ее за пределы Земли, однако оставляют открытым вопрос: если жизнь была занесена на Землю из космоса, то где и как она возникла там?

Концепция случайного однократного происхождения жизни

Неспособность рассмотренных теорий и концепций дать убедительное и аргументированное объяснение происхождения жизни привели в начале XX в. к дальнейшим поискам решения данной проблемы. В контексте этих поисков американский генетик Г. Меллер выдвинул гипотезу о случайном возникновении первичной молекулы живого вещества. Суть гипотезы заключается в предположении, что живая молекула, способная размножаться, могла возникнуть случайно в результате взаимодействия простейших веществ. Он считает, что элементарная единица наследственности — ген — является основой жизни. И жизнь в форме гена, по его мнению, возникла путем случайного сочетания атомных группировок и

молекул, существовавших в водах первичного океана. Гипотеза случайного однократного появления жизни получила особенно широкое распространение среди генетиков после открытия роли ДНК в явлениях наследственности.

Тем не менее, идея случайного возникновения ДНК до сих пор широко распространена в научной литературе, хотя вероятность такого события очень мала. При всей своей внешней наукообразности эта концепция по степени доказательности не отличается от концепции креационизма, поэтому в наши дни у нее практически не осталось сторонников.

Концепция биохимической эволюции. Теория А.И. Опарина

Одним из главным препятствий, стоявших в начале XX в. на пути решения проблемы возникновения жизни, было господствовавшее в науке и основанное на повседневном опыте убеждение, что между органическими и неорганическими соединениями не существует никакой взаимосвязи. До середины XX в. многие ученые полагали, что органические соединения могут возникать только в живом организме, биогенно. Именно поэтому их назвали органическими соединениями в противоположность веществам неживой природы — минералам, которые получили название неорганических соединений. Считалось, что природа неорганических веществ совершенно иная, а поэтому возникновение даже простейших организмов из неорганических веществ принципиально невозможно. Однако после того, как из обычных химических элементов было синтезировано первое органическое соединение, представление о двух разных сущностях органических и неорганических веществ оказалось несостоятельным. В результате этого открытия возникли органическая химия и биохимия, изучающие химические процессы в живых организмах.

Кроме того, данное научное открытие позволило создать концепцию биохимической эволюции, согласно которой жизнь на Земле возникла в результате физических и химических процессов. Исходную основу этой гипотезы составили данные о сходстве веществ, входящих в состав растений и животных, а также о возможности в лабораторных условиях синтезировать органические вещества, составляющие белок.

Эти открытия легли в основу концепции А. И. Опарина, опубликованной в 1924 г. в книге «Происхождение жизни», где была изложена принципиально новая гипотеза происхождения жизни. Он выступил с утверждением, что принцип Реди, вводящий монополию биотического синтеза органических веществ, справедлив

лишь для современной эпохи существования нашей планеты. В начале же своего существования, когда Земля была безжизненной, на ней происходили абиотические синтезы углеродистых соединений и их последующая предбиологическая эволюция.

Появление жизни он рассматривал как единый естественный процесс, который состоял из протекавшей в условиях ранней Земли первоначальной химической эволюции, перешедшей постепенно на качественно новый уровень — биохимическую эволюцию. Суть гипотезы сводилась к следующему: зарождение жизни на Земле — длительный эволюционный процесс становления живой материи в недрах неживой. И произошло это путем химической эволюции, в результате которой простейшие органические вещества образовались из неорганических под влиянием сильнодействующих физико-химических факторов.

Рассматривая проблему возникновения жизни путем биохимической эволюции, Опарин выделяет три этапа перехода от неживой материи к живой:

1) этап синтеза исходных органических соединений из неорганических веществ в условиях первичной атмосферы ранней Земли;

2) этап формирования в первичных водоемах Земли из накопившихся органических соединений биополимеров, липидов, углеводородов;

3) этап самоорганизации сложных органических соединений, возникновение на их основе и эволюционное совершенствование процессов обмена веществом и воспроизводства органических структур, завершающееся образованием простейшей клетки.

На *первом этапе,* около 4 млрд. лет назад, когда Земля была безжизненной, на ней происходили абиотический синтез углеродистых соединений и их последующая предбиологическая эволюция. Для этого периода эволюции Земли были характерны многочисленные вулканические извержения с выбросом огромного количества раскаленной лавы. По мере остывания планеты водяные пары, находившиеся в атмосфере, конденсировались и обрушивались на Землю ливнями, образуя огромные водные пространства. Поскольку поверхность Земли оставалась все-таки горячей, вода испарялась, а затем, охлаждаясь в верхних слоях атмосферы, вновь выпадала на поверхность планеты. Эти процессы продолжались многие миллионы лет. Таким образом в водах первичного океана были растворены различные соли. Кроме того, в него попадали и органические соединения: сахара, аминокислоты, азотистые основания, органические кислоты и т.п., непрерывно образующиеся в атмосфере под действием ультрафиолетового излучения, высокой температуры и активной вулканической деятельности.

Первичный океан, вероятно, содержал в растворенном виде различные органические и неорганические молекулы, попавшие в него

из атмосферы и поверхностных слоев Земли. Концентрация органических соединений постоянно увеличивалась, и в конце концов воды океана стали «бульоном» из белковоподобных веществ — пептидов.

На *втором этапе,* по мере смягчения условий на Земле, под воздействием на химические смеси первичного океана электрических разрядов, тепловой энергии и ультрафиолетовых лучей стало возможным образование сложных органических соединений — биополимеров и нуклеотидов, которые, постепенно объединяясь и усложняясь, превращались в протобионтов (доклеточные предки живых организмов). Итогом эволюции сложных органических веществ стало появление коацерватов, или коацерватных капель.

Коацерваты — это комплексы коллоидных частиц, раствор которых разделяется на два слоя: слой, богатый коллоидными частицами, и жидкость, почти свободную от них. Коацерваты обладали способностью поглощать различные вещества, растворенные в водах первичного океана. В результате внутреннее строение коацерватов менялось, что вело или к их распаду, или к накоплению веществ, т.е. к росту и изменению химического состава, повышающего их устойчивость в постоянно меняющихся условиях. Теория биохимической эволюции рассматривает коацерваты как предбиологи-ческие системы, представляющие собой группы молекул, окруженные водной оболочкой. Коацерваты оказались способными поглощать из внешней среды различные органические вещества, что обеспечило возможность первичного обмена веществ со средой.

На *третьем этапе,* как предполагал Опарин, начал действовать естественный отбор. В массе коацерватных капель происходил отбор коацерватов, наиболее устойчивых к данным условиям среды. Процесс отбора шел в течение многих миллионов лет, в результате чего сохранилась только малая часть коацерватов. Однако сохранившиеся коацерватные капли обладали способностью к первичному метаболизму. А обмен веществ — первейшее свойство жизни. Вместе с тем, достигнув определенных размеров, материнская капля могла распадаться на дочерние, которые сохраняли особенности материнской структуры Таким образом, можно говорить о приобретении коацерватами свойства самовоспроизведения — одного из важнейших признаков жизни. По сути дела, на этой стадии коацерваты превратились в простейшие живые организмы.

Дальнейшая эволюция этих предбиологических структур была возможна только при усложнении обменных и энергетических процессов внутри коацервата. Более прочную изоляцию внутренней среды от внешних воздействий могла обеспечить только мембрана. Вокруг коацерватов, богатых органическими соединениями, возникли слои липидов, отделившие коацерват от окружающей его водной среды. В процессе эволюции липиды трансформировались в

наружную мембрану, что значительно повысило жизнеспособность и устойчивость организмов. Появление мембраны предопределило направление дальнейшей химической эволюции по пути все более совершенной саморегуляции вплоть до возникновения первых клеток.

Популярность концепции Опарина в научном мире очень велика. Однако большая часть экспериментов, развивших идеи ученого, была проведена только в 1950—1960-е гг. Так, в 1953 г. С. Миллер в ряде экспериментов смоделировал условия, существовавшие на раннем этапе эволюции Земли. В сделанной им установке были синтезированы многие аминокислоты, аденин, простые сахара и другие вещества, имеющие важное биологическое значение. После этого Л. Орджел в сходном эксперименте синтезировал простые нуклеиновые кислоты. Но несмотря на экспериментальную обоснованность и теоретическую убедительность, концепция Опарина имеет как сильные, так и слабые стороны.

Сильной стороной концепции является достаточно точное эспериментальное обоснование химической эволюции, согласно которой зарождение жизни является закономерным результатом добиологической эволюции материи. Убедительным аргументом в пользу этой концепции является также возможность экспериментальной проверки ее основных положений. Это касается не только лабораторного воспроизведения предполагаемых физико-химических условий первичной Земли, но и коацерватов, имитирующих докле-точных предков и их функциональные особенности.

Слабой стороной концепции является невозможность объяснения самого момента скачка от сложных органических соединений к живым организмам, ведь ни в одном из поставленных экспериментов получить жизнь так и не удалось. Кроме того, Опарин допускал возможность самовоспроизведения коацерватов в отсутствие молекулярных систем с функциями генетического кода. Иными словами, без реконструкции эволюции механизма наследственности объяснить процесс скачка от неживого к живому не удается. Поэтому сегодня считается, что решить эту сложнейшую проблему биологии без привлечения концепции открытых каталитических систем, молекулярной биологии, а также кибернетики не получится.

10.3. Современное состояние проблемы происхождения жизни

В настоящее время центральной проблемой в вопросе о происхождении жизни на Земле является описание эволюции механизма наследственности. Ученые убеждены, что жизнь возникла только тогда, когда начал действовать механизм репликации. Любая, даже

очень сложная комбинация аминокислот и других органических соединений — это еще не жизнь. Вместе с тем появление праДНК вместо коацерватной капли тоже не может считаться началом жизни на Земле, ибо современная ДНК может функционировать только при наличии белковых ферментов.

Таким образом, ученые-биологи, занимающиеся сегодня решением вопроса о происхождении жизни, сводят его к характеристике доклеточного предка — протобионта, его структурных и функциональных особенностей.

Концепции голобиоза и генобиоза

Трудность решения этого вопроса объясняется хорошо известным фактом: для саморепродукции нуклеиновых кислот — основы генетического кода — необходимы ферментные белки, а для синтеза белков — нуклеиновые кислоты. Данная ситуация аналогична той, что происходит при постройке дома, для которого одновременно нужны как материалы, так и чертежи и планы.

Конечно, проще всего было бы предположить, что нуклеиновые кислоты и белки-ферменты появились одновременно, объединились в единую систему в пределах протобионта, после чего началась их коэволюция — одновременная и взаимосвязанная эволюция. К сожалению, этот компромиссный вариант не получил признания ученых. Дело в том, что белковые и нуклеиновые макромолекулы структурно и функционально глубоко различны. В силу этого они не могли появиться одновременно, в результате одного скачка в ходе химической эволюции. Таким образом, невозможно и их сосуществование в протобиологической системе (протобионте).

В результате на протяжении большей части XX в. ученые вели дискуссию о том, что было первичным — белки или нуклеиновые кислоты, а также о том, как и на каком этапе произошло их объединение в единую систему, способную к передаче генетической информации и регуляции биосинтеза белков, т.е. являющуюся живым организмом. В зависимости от ответа на вопрос, что является первичным — белки или нуклеиновые кислоты, все существующие гипотезы и концепции можно разделить на две большие группы — голобиоза и генобиоза.

Рассмотренная ранее концепция Опарина относится к группе концепций *голобиоза* — методологического подхода, утверждающего первичность структур, способных к элементарному обмену веществ при участии ферментных белков. Появление нуклеиновых кислот в этой концепции считается завершением эволюции, итогом конкуренции протобионтов. Данную точку зрения можно назвать *субстратной.*

Сторонники *генобиоза* исходят из убеждения в первичности молекулярной системы со свойствами первичного генетического кода. Эту группу гипотез и концепций можно назвать *информационной.* Примером этой точки зрения может служить концепция американского генетика Дж. Холдейна, выдвинутая им в 1929 г. Согласно концепции Холдейна первичной была не структура, способная к обмену веществ с окружающей средой, а макромолекулярная система, подобная гену и способная к саморепродукции (и поэтому названная им «голым геном»).

Вплоть до 1980-х гг. имело место четко выраженное противостояние гипотез голобиоза и генобиоза, после чего чаша весов стала склоняться в пользу концепции генобиоза. Во многом это произошло благодаря новому истолкованию открытого еще Л. Пасте-ром свойства молекулярной хиральности живых организмов, которое считается изначальным и фундаментальным признаком живой материи. Считается, что свойство молекулярной хиральности зародилось столь же рано, как и способность к генетической саморепродукции. Причем это кодирование производится с помощью молекул ДНК или РНК.

Но оставался нерешенным вопрос о том, какая из этих информационных молекул появилась первой и сыграла роль матрицы для первичной комплиментарной полимеризации. Кроме того, по-прежнему стоял вопрос, как могла функционировать протобиотиче-ская система в отсутствие ферментных белков, если мы допускаем, что они появились позже?

Ответ на эти вопросы был получен к концу 1980-х гг. Он гласил, что первичной была молекула РНК, а не ДНК. Признание этого факта было связано с открытием у РНК уникальных свойств. Оказалось, что она наделена такой же генетической памятью, как и молекула ДНК. Далее была установлена настоящая вездесущность РНК — стало ясно, что нет организмов, в которых отсутствовала бы РНК, хотя есть множество вирусов, геном которых не содержит ДНК. Также, вопреки устоявшейся догме, утверждавшей, что перенос генетической информации идет в направлении от ДНК к РНК и белку, оказался возможным перенос информации от РНК к ДНК при участии фермента, открытого в начале 1970-х гг.

В начале 1980-х гг. была установлена способность РНК к саморепродукции в отсутствие белковых ферментов, т.е. открыта ее автокаталитическая функция. Это объясняло все нерешаемые ранее вопросы.

Таким образом, сегодня считается, что протобионт представлял собой молекулу РНК. Древняя РНК была транспортной и совмещала в себе черты как фенотипа, так и генотипа. Иными словами, она могла подвергаться как генетическим преобразованиям, так и есте-

ственному отбору. Уже очевидно, что процесс эволюции шел от РНК к белку, а затем к образованию молекулы ДНК, у которой С-Н связи более прочны, чем С-ОН связи РНК.

Очевидно, что возникновение хиральности, а также первичных молекул РНК не могло произойти в ходе плавного эволюционного развития. Судя по всему, имел место скачок со всеми характерными чертами самоорганизации вещества, об особенностях которой говорилось выше.

В 1990-е гг. появился еще ряд версий, в соответствии с которыми жизнь могла появиться в геотермальных источниках, на морском дне, в тонких пленках органического вещества, адсорбированного на поверхности кристаллов пирита или апатитов. Их появление вызвано некоторыми недостатками концепции генобиоза, но они еще не получили достаточного обоснования и развития.

Образование древнейшей клетки

Следующим этапом в процессе появления жизни стало рождение настоящей живой клетки. Сегодня о первичной клетке (архек-летке) известно намного больше, чем раньше.

Археклетка явилась первым живым организмом. Очевидно, археклетка была отграничена от внешней среды двухслойной оболочкой (мембраной), обладала способностью всасывать через нее протоны, ионы и маленькие молекулы, а ее метаболизм основывался на низкомолекулярных углеродных соединениях. Для строения археклетки характерно наличие клеточного скелета, отвечавшего за целостность клетки, а также обеспечивавшего возможность ее деления. Жизнедеятельность клетки осуществлялась за счет АТФ (аде-нозинтрифосфорной кислоты).

Возможно, археклетки были схожи с недавно открытыми архебактериями и представляли собой прото-эукариотную систему, дальнейшая эволюция которых шла как по линии приобретения новых свойств эукариотами, так и по пути их утраты прокариотами. Данный процесс занял несколько миллиардов лет. Считается, что первые прокариоты появились более 4 млрд. лет назад. Это были бактерии и сине-зеленые водоросли — практически бессмертные организмы, жившие в очень сложных условиях. Эукариоты появились около 2,6 млрд. лет назад, они уже не были бессмертными, и с их появлением процесс эволюции жизни начал ускоряться.

10.4. Появление жизни на Земле

Как было отмечено выше, в вопросе появления жизни на нашей планете еще много остается неясного и неопределенного. Эта про-

блема далека от своего окончательного решения. Тем не менее, современная наука дает возможность выдвинуть некоторые гипотезы, отвечающие на вопросы о том, как, когда и в какой форме появилась жизнь на Земле.

Условия, необходимые для появления жизни

История жизни и история Земли неотделимы друг от друга, так как именно в процессах развития нашей планеты как космического тела закладывались определенные физические и химические условия, необходимые для появления и развития жизни.

Прежде всего, следует отметить, что жизнь (во всяком случае в той форме, в которой она функционирует на Земле) может существовать в достаточно узком диапазоне температур, давлений и радиации. Также для появления жизни на Земле нужны вполне определенные материальные основы — химические элементы-органогены и в первую очередь углерод, так как именно он лежит в основе жизни. Этот элемент обладает рядом свойств, делающих его незаменимым для образования живых систем. Углерод способен образовывать разнообразные органические соединения, число которых достигает нескольких десятков миллионов. Среди них — насыщенные водой, подвижные, низкоэлектропроводные, скрученные в цепи структуры. Соединения углерода с водородом, кислородом, азотом, фосфором, серой и железом обладают хорошими каталитическими, строительными, энергетическими, информационными и иными свойствами.

Наряду с углеродом к «кирпичикам» живого относятся кислород, водород и азот. Ведь живая клетка состоит на 70% из кислорода, углерода в ней — 17%, водорода — 10%, азота — 3%. Элементы-органогены принадлежат к наиболее устойчивым и распространенным во Вселенной химическим элементам. Они легко соединяются между собой, вступают в реакции и обладают малым атомным весом. Их соединения легко растворяются в воде. Эти элементы, очевидно, поступили на Землю вместе с космической пылью, которая стала материалом для «строительства» планет Солнечной системы. Еще на стадии формирования планет возникли углеводороды, соединения азота, в первичных атмосферах планет было много метана, аммиака, водяного пара и водорода. Они, в свою очередь, стали сырьем для получения сложных органических веществ, входящих в состав белков и нуклеиновых кислот (аминокислот и нуклеотидов).

Огромную роль в появлении и функционировании живых организмов играет вода, ведь они на 90% состоят из воды. Поэтому вода является не только средой, но и обязательным участником всех биохимических процессов. Вода обеспечивает метаболизм клетки и

терморегуляцию организмов. Кроме того, водная среда как уникальная по своим упругим свойствам структура позволяет всем определяющим жизнь молекулам реализовать свою пространственную организацию. Поэтому жизнь зародилась в воде, но даже выйди из моря на сушу, она сохранила внутри живой клетки океаническую среду.

Наша планета богата водой и расположена на таком расстоянии от Солнца, что необходимая для жизни основная масса воды находится в жидком, а не в твердом или газообразном состоянии, как на других планетах. На Земле поддерживается оптимальная температура для существования жизни, основанной на углероде.

Какой была древнейшая жизнь?

Наши знания о ранее живших организмах невелики. Ведь миллиарды особей, представлявших самые разные виды, исчезли, не оставив после себя никаких следов. По оценкам некоторых палеонтологов, в ископаемом состоянии до нас дошли останки только 0,01% всех видов живых организмов, населявших Землю. Среди них — только те организмы, которые могли сохранить структуру своих форм путем замещения или в результате сохранности отпечатков. Все прочие виды до нас просто не дошли, и о них мы не сможем узнать ничего и никогда.

Долгое время считалось, что возраст древнейших отпечатков живых организмов, к которым относятся трилобиты и другие высокоорганизованные водные организмы, составляет 570 млн. лет. Позже были найдены следы намного более древних организмов — минерализовавшихся нитчатых и округлых микроорганизмов примерно десятка различных видов, напоминающих простейших бактерий и микроводорослей. Возраст этих останков, найденных в кремнистых пластах Западной Австралии, был оценен в 3,2—3,5 млрд. лет. Эти организмы, видимо, имели сложную внутреннюю структуру, в них присутствовали химические элементы, соединения которых были способны участвовать в процессе фотосинтеза. Данные организмы бесконечно сложны по сравнению с самым сложным из известных органических соединений абиогенного происхождения. Нет сомнений, что это не самые ранние формы жизни и что существовали их более древние предшественники.

Таким образом, истоки жизни на Земле уходят в тот «темный» первый миллиард лет существования нашей планеты, который не оставил следа в ее геологической летописи. Данную точку зрения подтверждает и тот факт, что известный биогеохимический цикл углерода, связанный с фотосинтезом, в биосфере стабилизировался более 3,8 млрд. лет назад. Это позволяет считать, что фотоавтотрофная биосфера существовала на нашей планете не менее 4 млрд.

лет назад. Однако по данным цитологии и молекулярной биологии, фотоавтотрофные организмы были вторичными в процессе эволюции живого вещества. Автотрофному способу питания живых организмов должен был предшествовать гетеротрофный способ как более простой. Автотрофные организмы, строящие свое тело за счет неорганических минеральных веществ, имеют более позднее происхождение. Об этом свидетельствуют следующие факты:

- все современные организмы обладают системами, приспособленными к использованию готовых органических веществ как исходного строительного материала для процессов биосинтеза;
- преобладающее число видов организмов в современной биосфере Земли может существовать только при постоянном снабжении готовыми органическими веществами;
- у гетеротрофных организмов не встречается никаких признаков или рудиментарных остатков тех специфических ферментных комплексов и биохимических реакций, которые характерны для автотрофного способа питания.

Таким образом, можно сделать вывод о первичности гетеротрофного способа питания. Древнейшая жизнь, вероятно, существовала в качестве гетеротрофных бактерий, получавших пищу и энергию за счет органического материала абиогенного происхождения, образовавшегося еще раньше, на космической стадии эволюции Земли. Следовательно, начало жизни как таковой отодвигается еще дальше, за пределы каменной летописи земной коры, более чем на 4 млрд. лет назад.

Говоря о древнейших организмах на Земле, также следует отметить, что по типу своего строения они были прокариотами, возникшими вскоре после появления археклетки. В отличие от эукариотов они не имели оформленного ядра, и ДНК располагалась в клетке свободно, не отделяясь от цитоплазмы ядерной мембраной. Различия между прокариотами и эукариотами гораздо глубже, чем между высшими растениями и высшими животными: и те и другие относятся к эукариотам. Представители прокариотов живут и сегодня. Это бактерии и сине-зеленые водоросли. Очевидно, первые организмы, жившие в очень жестких условиях первоначальной Земли, были похожи на них.

Ученые также не сомневаются в том, что древнейшие организмы, населявшие Землю, были анаэробами, получавшими необходимую им энергию за счет дрожжевого брожения. Большая часть современных организмов являются аэробными и используют кислородное дыхание (окислительные процессы) как способ получения энергии.

Таким образом, прав был В. И. Вернадский, предположивший, что жизнь сразу возникла в виде примитивной биосферы. Только

разнообразие видов живых организмов могло обеспечить выполнение всех функций живого вещества в биосфере. Ведь жизнь является мощнейшей геологической силой, вполне сравнимой как по энергетическим затратам, так и по внешним эффектам с такими геологическими процессами, как горообразование, извержение вулканов, землетрясения и т.д. Жизнь не просто существует в окружающей ее среде, но активно эту среду формирует, преобразуя ее «под себя». Не следует забывать, что весь лик современной Земли, все ее ландшафты, осадочные и метаморфические породы (граниты, гнейсы, образовавшиеся из осадочных пород), запасы полезных ископаемых, современная атмосфера являются результатом действия живого вещества.

Эти данные позволили Вернадскому утверждать, что с самого начала существования биосферы входящая в нее жизнь должна была быть уже сложным телом, а не однородным веществом, так как биогеохимические функции жизни в силу своего разнообразия и сложности не могут быть связаны только с какой-то одной формой жизни. Таким образом, первичная биосфера изначально была представлена богатым функциональным разнообразием. Поскольку организмы проявляются не единично, а в массовом эффекте, то первое появление жизни должно было произойти не в виде какого-то одного вида организмов, а в их совокупности. Иными словами, сразу должны были появиться первичные биоценозы. Состояли они из простейших одноклеточных организмов, так как все без исключения функции живого вещества в биосфере могут быть выполнены ими.

И, наконец, следует сказать, что первичные организмы и биосфера могли существовать только в воде. Выше мы уже говорили, что все организмы нашей планеты теснейшим образом связаны с водой. Именно связанная вода, не теряющая своих основных свойств, является их важнейшим составным компонентом и составляет 60—99,7% веса.

Именно в водах первичного океана образовался «первичный бульон». Ведь морская вода сама по себе представляет естественный раствор, содержащий все известные химические элементы. В ней образовались вначале простые, а затем и сложные органические соединения, среди которых были аминокислоты и нуклеотиды. В этом «первичном бульоне» и произошел скачок, давший начало жизни на Земле. Немаловажное значение для появления и дальнейшего развития жизни имела радиоактивность воды, которая тогда была в 20—30 раз большей, чем сейчас. Хотя первичные организмы были намного устойчивее к радиации, чем современные, мутации в те времена происходили намного чаще, поэтому естественный отбор шел интенсивнее, чем в наши дни.

Кроме того, не следует забывать о том, что первичная атмосфера Земли не содержала свободного кислорода, поэтому в ней отсутствовал озоновый экран, защищающий нашу планету от ультрафиолетовой радиации Солнца и жесткого космического излучения. В силу этих причин на суше жизнь просто не могла возникнуть, жизнь возникла в первичном океане, воды которого служили достаточным препятствием для этих лучей.

Итак, подводя итоги, следует отметить, что первичные организмы, возникшие на Земле более 4 млрд. лет назад, обладали следующими свойствами:

- они были гетеротрофными организмами, т.е. питались готовыми органическими соединениями, накопленными на этапе космической эволюции Земли;
- они были прокариотами — организмами, лишенными оформленного ядра;
- они были анаэробными организмами, использующими в качестве источника энергии дрожжевое брожение;
- они появились в виде первичной биосферы, состоящей из биоценозов, включающих различные виды одноклеточных организмов;
- они появились и долгое время существовали только в водах первичного океана.

Начало жизни на Земле

Поскольку жизнь неразрывно связана со средой своего обитания, то начало жизни следует изучать в тесной связи с теми космическими и геологическими процессами, в ходе которых образовалась и развивалась наша планета.

Завершение этапа космической эволюции Земли, в ходе которой она сложилась из планетезималий, произошло около 4,5 млрд. лет назад. После этого наша планета стала постепенно остывать и начала формироваться земная кора, а также атмосфера и гидросфера за счет дегазации лав, выплавлявшихся из верхней мантии при интенсивном вулканизме. Мы имеем все основания полагать, что при этом на поверхность Земли поступали, прежде всего, пары воды и газообразные соединения углерода, серы и азота.

Первичная атмосфера Земли была очень тонкой, разреженной, атмосферное давление у поверхности не превышало 10 мм ртутного столба. Состав первичной атмосферы формировался из тех газов, которые выбрасывались при извержении вулканов. Это подтверждает анализ пузырьков газа, обнаруженных в протоархейских породах (60% — углекислота, 40% — соединения серы, аммиака, метана, другие окислы углерода, а также пары воды). Первичная атмосфера

не содержала свободного кислорода, поскольку его не содержали вулканические газы.

Воды первичного океана имели примерно такой же состав, как и сегодня, но в них, как и в атмосфере, отсутствовал свободный кислород. Таким образом, свободный кислород, а значит, и химический состав современный атмосферы, как и свободный кислород океанов Земли, не были первоначально заданы при рождении нашей планеты как небесного тела, а являются результатом жизнедеятельности первых живых организмов, составивших первичную биосферу Земли.

Под действием солнечных и космических лучей, проникавших через разреженную атмосферу, происходила ее ионизация, превращавшая атмосферу в холодную плазму. Поэтому атмосфера ранней Земли была насыщена электричеством, в ней вспыхивали частые разряды. В таких условиях шел быстрый одновременный синтез разнообразных органических соединений, в том числе и весьма сложных. Эти соединения, как и те, что попали на Землю в уже готовом виде из космоса, представляли собой подходящее сырье, из которого на следующей стадии эволюции могли образоваться аминокислоты и нуклеотиды.

Радиоактивный разогрев недр Земли пробудил тектоническую активность, заработали вулканы, выделявшие огромное количество вулканических газов. Это уплотнило атмосферу, отодвинув границу ионизации в ее верхние слои. При этом процесс образования органических соединений продолжался.

Частые грозы с длительными ливнями приносили образовавшиеся органические вещества в водоемы, покрывавшие нашу планету, добавляя их к тем, что уже были растворены в водах первичного океана. Таким образом, оказались накоплены большие запасы органического сырья. По некоторым подсчетам, его масса оценивается в 10^{16} кг, что всего на 2—3 порядка меньше массы современной биосферы. Согласно расчетам, растворение органических веществ в водах океана дало раствор, концентрация которого составляла 1%.

После того, как углеродистые соединения образовали «первичный бульон», уже могли организовываться биополимеры — аминокислоты и нуклеотиды, «кирпичики» белков и нуклеиновых кислот. Необходимая концентрация веществ для образования биополимеров могла возникнуть в результате осаждения органических соединений на минеральных частицах, например на глине или гидроокиси железа, образующих ил водоемов. Кроме того, органические вещества могли образовывать на поверхности океана тонкую пленку, которую ветер и волны гнали к берегу, где она собиралась в толстые слои. В химии известен также процесс объединения родственных молекул в разбавленных растворах.

Дальнейший этап биогенеза связан с концентрацией органических веществ и появлением протобионта — молекулы РНК в результате скачка, приведшего к образованию живого из неживого. Протобионты представляли собой системы органических веществ, покрытые оболочкой и способные взаимодействовать с окружающей средой, т.е. расти и развиваться за счет поглощения из окружающей среды богатых энергией веществ. Кроме того, протобионты обладали способностью к размножению, передавая полезные признаки своим потомкам.

К сожалению, механизм перехода от сложных органических веществ к простым живым организмам наукой пока не установлен. Теория биохимической эволюции предлагает лишь общую схему. В соответствии с ней между первичными сгустками органических веществ (коацерватов) могли выстраиваться молекулы сложных углеводородов, что приводило к образованию примитивной клеточной мембраны, обеспечивающей данным сгусткам стабильность. Именно с появлением мембраны можно говорить о рождении клетки — основной структурной единицы жизни, способной к росту и размножению.

10.5. Формирование и развитие биосферы Земли

Как было отмечено выше, жизнь на Земле первоначально появилась в форме примитивной биосферы. Соответственно присутствие жизни на планете стало коренным образом преображать окружающую среду. Ведь два важнейших компонента биосферы — живое вещество и среда их обитания — непрерывно взаимодействуют между собой и находятся в тесном органическом единстве, образуя целостную динамическую систему. Развитие биосферы Земли можно рассматривать как последовательную смену трех этапов: восстановительного, слабоокислительного и окислительного.

Восстановительный этап в развитии биосферы

Как считают многие ученые, восстановительный этап развития биосферы начался еще в космических условиях и завершился появлением на Земле гетеротрофной биосферы. На этом этапе развития биосферы появились малые сферические анаэробы и прокариоты. Физиологические процессы этих организмов основывались не на кислородном окислении, а на дрожжевом брожении. Изначально в атмосфере Земли присутствовали лишь следы свободного кислорода. Производство свободного кислорода начали первые организмы. Но количество кислорода было незначительным и пока он приводил лишь к окислительным процессам на земной поверхности и в океане.

Поскольку первые организмы были гетеротрофами, они нуждались в питании. Пищей для них стали ранее накопленные органические соединения, растворенные в водах первичного океана, так как первичная биосфера ограничивалась водной средой. Но жизнь нуждалась в дополнительных источниках энергии. Поэтому на ранних стадиях эволюции живые организмы активно использовали различного рода радиацию. По мнению А. И. Перельмана, особенно важную роль играл радиоактивный калий, который поглощался первыми организмами. Потребность в калии впоследствии закрепилась генетически, хотя для более высокоорганизованных форм радиоактивность перестала служить источником энергии.

Продолжительность существования первичной восстановительной биосферы в геологических масштабах была невелика. Причина этого заключалась в том, что первичные гетеротрофные организмы быстро размножались и, естественно, довольно быстро исчерпали свою питательную базу. Поэтому, достигнув максимальной биомассы, они должны были либо вымереть от голода, либо перейти к автотрофному (фотосинтетическому) способу питания.

Слабоокислительный этап в развитии биосферы

Слабоокислительный этап в развитии биосферы связан с появлением около 4 млрд. лет назад процесса фотосинтеза. Новый способ питания был основан на том, что некоторые простые соединения обладают способностью поглощать свет, если в их составе есть атом магния (как в хлорофилле). Уловленная таким способом световая энергия может быть использована для усиления реакций обмена, в том числе и для образования органических соединений, которые при необходимости могут расщепляться с высвобождением энергии. Именно таким путем происходило образование хлорофилла, приведшее в конечном итоге к появлению фотосинтеза, позволявшего получать энергию непосредственно от Солнца.

Но первичная поверхность Земли, лишенная свободного кислорода, облучалась ультрафиолетовой радиацией Солнца. Поэтому, возможно, первые фотохимические организмы использовали радиацию ультрафиолетовой части спектра. Только после возникновения озонового экрана (в связи с появлением свободного кислорода как побочного продукта того же фотосинтеза) автотрофные фотосинте-зирующие организмы начали использовать излучение в видимой части солнечного спектра.

Новый способ питания способствовал быстрому расселению организмов нового типа у поверхности первичных водоемов. Оказавшись более приспособленными, они вытеснили первичные гетеротрофные организмы. Можно предполагать, что в раннем океане

шла борьба между первичными и вторичными организмами, завершившаяся победой автотрофов. Немаловажным фактором в этой борьбе стало то, что автотрофы в качестве отходов своей жизнедеятельности выделяли свободный кислород, который стал смертельным ядом для первичных гетеротрофов.

Первыми автотрофными организмами, очевидно, были цианеи, а затем зеленые водоросли. Останки их находят в породах архейского возраста (около 3 млрд. лет назад). В то время, очевидно, существовало множество видов водорослей, как свободно плавающих в воде, так и прикрепленных ко дну. Хотя свободный кислород и был ядом для первичных аэробов, не все они погибли. Некоторые остались жить в болотах, где не было свободного кислорода. Там, питаясь, они выщеляли метан. Некоторые же первичные организмы смогли приспособиться к кислородной атмосфере.

Параллельно с этим шел процесс формирования эукариотов. Прокариоты — простые, выносливые и практически бессмертные организмы — уступали место смертным эукариотам. Прокариоты, обладавшие высокой вариабельностью, способностью к быстрому размножению, легко приспосабливались к меняющимся условиям среды, существовавшим в первые периоды истории Земли. Но с формированием кислородной атмосферы условия стабилизировались, и в этих новых условиях нужны были организмы нового типа, приспособленные к ним. Нужна была не генетическая гибкость, а генетическая стабильность. Эукариоты появились к концу второго этапа развития биосферы Земли.

Рассмотренные процессы составили содержание второго этапа в истории развития биосферы Земли, продолжавшегося *до* завершения осадконакопления полосчатых железистых формаций докембрия примерно 1,8 млрд. лет назад. Таким образом, этот период в истории биосферы занял почти половину всей геологической истории планеты. Дело в том, что хотя свободный кислород и появлялся в значительных количествах, но он расходовался не на образование атмосферы, а на окисление железа, сернистых соединений и других поливалентных металлов. При этом окислы железа осаждались, образуя полосчатые формации. Только после освобождения океана от железа и других металлов концентрация кислорода в атмосфере стала резко возрастать.

В естествознании существует понятие «точки Пастера» — такой концентрации свободного кислорода, при которой кислородное дыхание становится более эффективным (примерно в 50 раз) способом использования внешней энергии Солнца, чем анаэробное брожение. Этот критический уровень примерно равен 0,01 от современного показателя содержания кислорода в атмосфере. После перехода через точку Пастера преимущество в естественном отборе

получают организмы, способные к кислородному дыханию. С этого момента начинается третий этап в эволюции биосферы Земли.

Окислительный этап в эволюции биосферы

Третий этап эволюции биосферы связан с развитием фотоавтотрофной биосферы Земли. С этого момента количество кислорода в атмосфере начало резко повышаться. Еще в протерозое (2,6 млрд. — 570 млн. лет назад) эукариоты разделились на растительные и животные клетки. Большей частей растительных клеток использовался фотосинтез. Благодаря этому концентрация кислорода в атмосфере возрастала, и его уже стало хватать для процессов дыхания. Тогда же в океане появились первые многоклеточные организмы.

Около 400 млн. лет назад (конец ордовика — начало силура), когда концентрация свободного кислорода в атмосфере достигла 10%, возник озоновый экран, предохраняющий живое вещество от жесткого излучения, и жизнь вышла из моря на сушу. Как только это случилось, резко возросла интенсивность реакций фотосинтеза, а следовательно, и поступление кислорода в атмосферу. Всего за 100 млн. лет концентрация кислорода достигла современного значения в 21%. После этого состав атмосферы практически не менялся до наших дней.

Выход жизни на сушу обусловил резкое увеличение массы живого вещества. (Масса живого вещества суши в 800 раз больше биомассы океана.) Одновременно жизнь проникала все глубже в океан, осваивая все большие глубины. Наземные растения, отмирая, положили начало образованию угля, нефти, газа, горючих сланцев. Стал меняться биогеохимический круговорот элементов. При этом снижалась роль основных пород, и в земной коре вместо магния, кальция, железа большую роль стали играть кремний, натрий, алюминий, калий. Также благодаря деятельности живых организмов резко возрос круговорот кислорода и углекислого газа. Эти процессы, а также постепенное снижение уровня радиации стимулировали и ускоряли усложнение живого вещества, вели к появлению новых, более высокоорганизованных видов.

Так, на суше появились папоротники, хвощи, семенные папоротники. Развитие наземной растительности и образование почв создали предпосылки для выхода на поверхность континента животных. В результате эволюции растительного мира в мезозойской эре (около 200 млн. лет назад) возникли леса хвойных и цветковых растений.

Формирование и развитие биосферы предстает как чередование этапов эволюции, прерываемых скачкообразными переходами в качественно новые состояния, в результате чего образовывались все

более сложные и упорядоченные формы живого вещества. В истории биосферы бывали временные остановки прогрессивного развития, но они никогда не переходили в стадию деградации, поворота развития вспять. Чтобы убедиться в этом, достаточно посмотреть на основные вехи в истории развития биосферы:

- появление простейших клеток-прокариотов;
- появление значительно более организованных клеток-эукариотов;
- объединение клеток-эукариотов с образованием многоклеточных организмов, функциональная дифференциация клеток в организме;
- появление организмов с твердыми скелетами и формирование высших животных;
- возникновение у высших животных развитой нервной системы и формирование мозга как органа сбора, систематизации, хранения информации и управления на ее основе поведением организмов;
- формирование разума как высшей формы деятельности мозга;
- образование социальной общности людей — носителей разума.

Вершиной направленного развития биосферы стало появление в ней человека. В ходе эволюции Земли на смену геолого-биологической эволюции пришел период социальной эволюции, который принес самые крупные изменения в биосфере Земли, во всем облике нашей планеты.

10.6. Появление царств растений и животных

В процессе формирования биосферы эукариоты еще в *протерозое* разделились на растительные и животные клетки. Как считает большинство биологов, их следует различать: 1) по структуре клеток и их способности к росту, 2) способу питания, 3) способности к движению. При этом отнесение живого существа к тому или иному царству следует проводить не по каждому отдельному основанию, а по совокупности всех трех признаков, поскольку между растениями и животными существуют переходные типы, обладающие свойствами как растений, так и животных. Так, например, кораллы, моллюски, речные губки всю жизнь остаются неподвижными, как растения, но по двум другим признакам их относят к животным. Существуют насекомоядные растения, которые по способу питания относятся к животным. Есть также живые организмы, которые питаются, как растения, а двигаются — как животные. В настоящее время на Земле существует 500 тыс. видов растений и 1,5 млн. видов животных, в том числе позвоночных — 70 тыс., птиц — 16 тыс., млекопитающих — 12 540 видов.

Образование и развитие растений

Растительные клетки покрыты жесткой целлюлозной оболочкой, которая, с одной стороны, защищает их от неблагоприятных воздействий окружающей среды, но с другой стороны, не дает им свободно перемещаться в поисках пищи. Эволюция растительных клеток была связана с совершенствованием процесса фотосинтеза, дававшего им все необходимые питательные вещества. Тем не менее, среди растений существовали не только автотрофы, но и гете-ротрофы, взаимно дополнявшие друг друга.

Самыми первыми растениями на планете были одноклеточные водоросли разных типов. Они пришли на смену безраздельно господствовавшим прокариотам: сине-зеленым водорослям и бактериям. На водорослях природа впервые опробовала половое размножение, т.е. слияние ДНК двух индивидов с последующим перераспределением генетического материала, вследствие чего потомство получается похожим на своих родителей, но не идентичным им. Это событие произошло около 900 млн. лет назад.

Затем, 700—800 млн. лет назад, появились первые многоклеточные организмы, также относящиеся к водорослям — обширной группе низших водных растений, содержащих хлорофилл и вырабатывающих органические вещества путем фотосинтеза. Именно на эти водоросли приходится наиболее длительный этап в развитии зеленых растений. Они же сыграли роль гигантского генератора свободного кислорода в атмосферу Земли.

Событием огромной важности стал *выход растений на сушу,* совершившийся в силуре, около 400 млн. лет назад. Этот факт стал, в свою очередь, предпосылкой для выхода на сушу животных. Считается, что еще до массового выхода растений на сушу в отдельных местах появлялись локальные участки жизни. Такими «островками» жизни могли стать побережья мелководных заливов и лагун, места, где вода периодически отступала, оставляя растения. Именно так появились растения, нижняя часть которых находилась в воде, а верхняя — в воздухе, под прямыми лучами Солнца. Затем растения смогли развить корневую систему, которая позволяла им использовать грунтовые воды.

В новых условиях фотосинтез становился более совершенным, так как солнечная энергия не поглощалась водой. Чтобы защититься от высыхания, растениям пришлось сформировать восковидную водонепроницаемую оболочку. Кроме того, произошла перестройка организмов, в них появились новые органы и ткани, изменились способы размножения, распространения и т.д. Таким образом, в растительных организмах появились корень, стебель, лист, проводящие системы, покровные ткани.

Первыми на сушу вышли *псилофиты* — споровые растения, похожие на плауны. У них еще не было корней и почти не было листьев. Псилофиты состояли из длинных ветвящихся зеленых стеблей и покрывали влажную почву суши настоящими зелеными коврами.

С появлением *мхов* и *папоротников* количество кислорода в атмосфере значительно увеличилось. Кроме того, в период своего расцвета мхи и папоротники создали большое количество пищевых веществ, необходимых для возникновения и развития сухопутных позвоночных животных. В это же время (девон, карбон и пермский периоды — 400—230 млн. лет назад) накапливается огромное количество каменного угля, появляются *голосеменные* растения. С этого момента поверхность материков стала приобретать современный облик.

В мезозое (около 200 млн. лет назад) широко распространяются хвойные, цикадовые, а в меловой период (около 100 млн. лет назад) появляются *цветковые растения.* Появление цветковых растений стимулировало расцвет насекомых, играющих значительную роль в их опылении.

После этого лиственные леса стали сосуществовать с появившимися ранее хвойными лесами, давшими, в свою очередь, приют папоротникам, боящимся открытого солнца. Таким образом, в современном растительном мире наряду с высокоорганизованными растениями сохранились представители более ранних эпох, которых можно назвать «живыми ископаемыми».

Образование и развитие животных

Животная клетка в отличие от растительной имеет эластичную оболочку и поэтому не теряет способности к передвижению. Таким образом, животные клетки имеют возможность активно искать себе пищу. Эволюция животных клеток шла в направлении совершенствования способов их передвижения и способов поглощения и выделения крупных частиц через оболочку. Сначала пищей служили крупные органические фрагменты, затем куски мертвой ткани и, наконец, поглощение и переваривание целых организмов, свойственное хищникам. Их появление резко интенсифицировало естественный отбор.

Первые примитивные представители животного царства ведут свое начало от одноклеточных простейших организмов, отделившихся от общего ствола с растениями. К сожалению, мы почти ничего не можем сказать о них, так как их ископаемые остатки практически не сохранились. Судя по всему, первые представители животного мира имели общие признаки с одноклеточными зелеными водорослями. Подобные организмы (радиолярии) и сегодня составляют значительную часть планктона морей и океанов.

Возникновение животной клетки было связано с переходом к гетеротрофному способу питания. Но он шел постепенно, поэтому существовали и продолжают существовать переходные формы между растениями и животными. Среди них — жгутиконосцы, которые, как животные, обладают жгутиками — органами передвижения, а как растения — автотрофным или смешанным способом питания. Так, например, и в наши дни существует эвглена зеленая, которая при хорошем освещении и наличии минеральных веществ в воде ведет себя как типичное растение. Но в темноте или при неблагоприятных условиях она теряет хлорофилл и подобно животному начинает усваивать из раствора органические вещества.

Как и у растений, важнейшим этапом в эволюции животных стало появление многоклеточных организмов. Скорее всего, переход к многоклеточности был осуществлен через колонии, в которые объединялись некоторые одноклеточные организмы. Вначале все клетки в таких колониях были одинаковыми, но затем началась их дифференциация в соответствии с выполняемыми функциями. Массовое появление многоклеточных животных произошло в позднем кембрии. Судя по всему, это были многочисленные морские беспозвоночные организмы — медузоподобные плавающие формы, кишечнополостные, морские черви.

Дальнейшая эволюция многоклеточных организмов шла в направлении совершенствования способов их передвижения, дыхания, лучшей координации деятельности клеток и т.д.

На следующую ступень в своем развитии животное царство поднялось с появлением твердых частей тела — раковин и внутреннего скелета. В кембрийских морях были ракообразные, губки, кораллы, иглокожие, моллюски, трилобиты. Твердый скелет служил опорой этим организмам, способствовал увеличению их размеров, делал их более прочными, защищал от физических повреждений. Кроме того, твердый скелет мог служить защитой от хищников, которые появились около 450 млн. лет назад.

Около 500 млн. лет появились первые *позвоночные животные.* Это наиболее высокоорганизованная, обширная и разнообразная группа животных, включающая рыб, земноводных, пресмыкающихся и млекопитающих. Первые позвоночные появились в воде — ими были рыбы. Современные рыбы делятся на два больших класса — хрящевых и костистых. К хрящевым относятся акулы и скаты. Некоторые виды акул появились еще в девоне, около 400 млн. лет назад, и с тех пор не менялись. Костистых рыб сегодня большинство, они преобладают в современных водоемах. Для костистых рыб характерно наличие плавательного пузыря, регулирующего глубину их погружения.

Следующий шаг в эволюции животных связан с появлением *двоякодышащих рыб,* живших в периодически высыхавших водоемах.

Легкие помогали им выжить в периоды засухи. В наши дни сохранилось лишь три вида таких рыб. Некоторые пресноводные двоякодышащие рыбы дали начало *земноводным,* которые могут далеко уходить от природных водоемов, но для размножения должны возвращаться в воду. Это произошло в девоне.

Тогда же, очевидно, появились первые *насекомые.* У них роль каркаса играл не внутренний скелет, а наружная хитиновая оболочка. Кроме того, насекомые обладают сложной нервной системой, с большим количеством относительно самостоятельных нервных центров. В их жизни большую роль играют врожденные реакции (у позвоночных — идет развитие головного мозга, что дает возможность преобладания условных рефлексов над безусловными). Предки насекомых, пауков и скорпионов вышли на сушу сразу вслед за растениями.

Выход животных на сушу был связан с серьезнейшими изменениями их форм. Ведь на суше вес тел больше, чем в воде, в воздухе не содержится питательных веществ, которые есть в воде в растворенном виде. Кроме того, воздух обладает иной свето- и звукопроводностью, а концентрация кислорода в нем выше, чем в воде. Таким образом, жизнь должна была адаптироваться к новым условиям, выработав соответствующие приспособления. Первыми, полностью приспособившимися к условиям суши позвоночными, стали *рептилии.* Их яйца были покрыты твердой скорлупой, предотвращающей высыхание, и снабжены необходимыми запасами пищи и кислорода для развития эмбриона. Первые рептилии были похожи на небольших ящериц. Они начали активное завоевание суши в карбоне (350—285 млн. лет назад). В пермском периоде (285—230 млн. лет назад) они полностью преобладали на суше.

Мезозойская эра (230—67 млн. лет назад) также проходит под властью рептилий, среди которых были как хищники, так и травоядные. В триасовом периоде (230—195 млн. лет назад) появились динозавры, размеры которых сильно варьировались — от мелких животных, величиной с кошку, до 30-метровых гигантов, весящих 40—50 т. Динозавры жили на суше (тиранозавры, игуанодоны, стегозавры, трицератопсы и др.), в воде (бронтозавры, диплодоки, ихтиозавры, плезиозавры), в воздухе (птерозавры, птеродактили).

В юрском периоде (195—137 млн. лет назад) от одной из ветвей рептилий появились *птицы,* которых Т. Гексли, в силу их родства с рептилиями, назвал «взлетевшими рептилиями». Птицы, как и рептилии, несут яйца, но в меньших количествах, они заботятся о своем потомстве и имеют постоянную высокую температуру тела. Переходной формой между рептилиями и птицами стал археоптерикс.

В конце мелового периода (67 млн. лет назад) произошло массовое вымирание мезозойских рептилий. Причина этого до сих пор

не ясна, хотя существуют многочисленные версии, среди которых — возможное падение гигантского метеорита, вызвавшее глобальное похолодание и изменение климата. В новых условиях преимущество в естественном отборе получили птицы, а также *млекопитающие,* возникшие в триасовом периоде. Но в те времена они были небольшими, преимущественно насекомоядными животными. Лишь в кайнозойскую эру начался период их господства на Земле. Это было связано с тем, что в условиях похолодания важнейшим условием выживания стала теплокровность, обеспечившая постоянную высокую температуру тела и постоянство внутренней среды организма. Поскольку млекопитающие являются живородящими животными и вскармливают своих детенышей молоком, это обеспечивает лучшую сохранность молодняка и дает возможность размножения в разнообразных условиях. Кроме того, у них развитая нервная система, способная обеспечить разнообразные формы активного приспособления к окружающей среде.

Первые насекомоядные млекопитающие дали начало плацентарным и сумчатым млекопитающим, которые развивались одновременно. В первой половине кайнозоя господствовали сумчатые. Но позже, в неогеновом периоде (27—3 млн. лет назад), они были вытеснены более высокоорганизованными плацентарными млекопитающими. Поэтому в наши дни сумчатые сохранились лишь в Австралии, Новой Гвинее и Южной Америке. Среди плацентарных млекопитающих были китообразные и грызуны, летучие мыши, приматы и т.д. Существовавшие в то время хищнокопытные разделились, дав начало хищникам и копытным животным. Во второй половине кайнозоя плацентарные млекопитающие стали господствующей группой животных.

Эволюция млекопитающих проходила в течение всей кайнозойской эры. Большую роль в этом сыграло разделение континентов, что привело к обособлению животных и формированию частично изолированных зоогеографических областей, в которых до сих пор сохранились некоторые реликтовые животные. Так, в эпоху господства сумчатых отделилась Австралия, сохранившая представителей этих животных до наших дней. Отделившаяся позже Южная Америка сохранила реликты начала кайнозойской эры, среди которых опоссумы, броненосцы и ленивцы.

Важнейшим этапом в эволюции жизни на Земле стало появление отряда *приматов,* предки которых были известны с мелового периода. Они походили на современных лемуров. Около 80 млн. лет назад появились приматы, обитавшие на деревьях. В палеогене (67—27 млн. лет назад) приматы разделились на низших и человекообразных обезьян. Те, в свою очередь, дали начало непосредственным предкам человека.

/

Таким образом, постепенно в кайнозое сформировались предпосылки, необходимые для появления человека, в частности, такой предпосылкой явился стадный образ жизни, который вели некоторые млекопитающие. Стадный образ жизни сформировал привычку будущего социального общения, проходившего без потери индивидуальности его членов. Это был значительный шаг вперед по сравнению с насекомыми, которые тоже жили большими коллективами, но при этом полностью теряли свою индивидуальность. Следующий шаг Жизнь на Земле сделала уже с появлением человека разумного — существа, обладающего способностью к целенаправленному изменению окружающего мира, созданию собственного искусственного мира культуры.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Афанасьев В. Г.* Мир живого: системность, эволюция и управление. М., 1986.
2. *Барг О.А.* Живое в едином мировом процессе. Пермь, 1993.
3. *Вернадский В.И.* Начало и вечность жизни. М., 1989.
4. *Войткевич Г. В.* Возникновение и развитие жизни на Земле. М., 1988.
5. *Войткевич Г.В.* Рождение Земли. Ростов-на-Дону, 1996.
6. *Ганты Т.* Жизнь и ее происхождение. М., 1984.
7. *История* биологии с начала XX века до наших дней. М., 1975.
8. *Колчинский Э.И.* Эволюция биосферы. Л., 1990.
9. *Опарин А.И.* Возникновение жизни на Земле. М., 1957.
10. *Проблемы* возникновения и сущности жизни. М., 1973.
11. *Фолсом К.Э.* Происхождение жизни. М., 1982.
12. *Шредингер Э.* Что такое жизнь? М., 1972.
13. *Югай Г.А.* Общая теория жизни. М., 1985.

Глава 11
Теория эволюции органического мира

11.1. Становление идеи развития в биологии

Эволюционная теория и ее значение

Понять сущность жизни как специфической формы движения материи невозможно без изучения теорий биологической эволюции. Когда ученый использует термин «эволюция» применительно к биологическим процессам и явлениям, то чаще всего он подразумевает процесс длительных и постепенных изменений, которые приводят к коренным качественным изменениям живых организмов, сопровождающимся возникновением новых биологических систем, форм и видов.

Созданная на основе исторического метода эволюционная теория, в задачу которой входит изучение факторов, движущих сил и закономерностей органической эволюции, по праву занимает центральное место в системе наук о живой природе. Она представляет собой обобщающую биологическую концепцию. Практически нет таких отраслей биологии, для которых эволюционная теория не давала бы методологических принципов исследования. По этой причине эволюционная биология является одним из трех важнейших направлений развития биологической науки.

История развития эволюционных идей

Развитие эволюционных идей в биологии имеет достаточно длительную историю. Начало рассмотрению вопросов эволюции органического мира было положено еще в античной философии и продолжалось более двух тысяч лет, пока не возникли первые самостоятельные биологические дисциплины в науке Нового времени. Основным содержанием данного периода является сбор сведений об органическом мире, а также формирование двух основных точек зрения, объясняющих разнообразие видов в живой природе.

Первая из них возникла еще на базе античной диалектики, утверждавшей идею развития и изменения окружающего мира. Вто-

рая точка зрения появилась вместе с христианским мировоззрением, основанном на идеях креационизма. В то время в умах многих ученых господствовало представление, что Бог создал весь окружающий нас мир, в том числе все виды жизни, существующие с тех пор в неизменном виде.

На протяжении всего начального этапа развития эволюционной идеи между этими двумя точками зрения шла постоянная борьба, причем серьезное преимущество имела креационистская версия. Ведь наивно трансформистские представления о самозарождении живых существ и возникновении сложных организмов путем случайного сочетания отдельных органов, при котором нежизнеспособные сочетания вымирают, а удачные сохраняются (Эмпедокл), внезапном превращении видов (Анаксимен) и т.д. не могут рассматриваться даже как прообраз эволюционного подхода к познанию живой природы.

Тем не менее, в этот период был высказан ряд ценных идей, необходимых для утверждения эволюционного подхода. Среди них особое значение имели выводы Аристотеля, который в своей работе «О частях животных» отмечал, что природа постепенно переходит от предметов неодушевленных к растениям, а затем к животным, причем этот переход идет непрерывно. К сожалению, Аристотель говорил не о развитии природы в его современном понимании, а о том, что одновременно сосуществует целый ряд соположенных живых форм, лишенных генетической связи между собой. Поэтому ценна, прежде всего, его идея «лестницы живых существ», показывающая существование организмов разной степени сложности, — появление эволюционных теорий было бы невозможно без осознания этого факта.

Интерес к биологии заметно усилился в эпоху Великих географических открытий. Интенсивная торговля и открытие новых земель расширяли сведения о животных и растениях. Потребность в упорядочении быстро накапливающихся знаний привела к необходимости их систематизации и появлению первых классификаций видов, среди которых особое место принадлежит классификации К. Линнея. В своих представлениях о живой природе Линней исходил из идеи неизменности видов. Но в том же XVIII в. появились и другие идеи, связанные с признанием не только градации, но и постепенного усложнения органических форм. Эти представления стали называться *трансформизмом,* и к этому направлению принадлежали многие известные ученые того времени. Все трансформисты признавали изменяемость видов организмов под действием изменений окружающей среды, но при этом большинство из них еще не имели целостной и последовательной концепции эволюции.

Именно так в работах швейцарского биолога Ш. Бонне впервые было использовано понятие эволюции как процесса длительного,

постепенного изменения, приводящего к появлению новых видов. Однако в работах большинства ученых того времени идеи градации живых существ и идеи эволюции существовали раздельно. В единую теорию они оформились только в XIX в., когда появилась эволюционная теория Ж. Б. Ламарка.

Концепция развития Ж.Б. Ламарка

Первая попытка построить целостную концепцию развития органического мира была предпринята французским естествоиспытателем Ж. Б. Ламарком. В своем труде «Философия зоологии» Ламарк обобщил все биологические знания начала XIX в. Им были разработаны основы естественной систематики животных и впервые обоснована целостная теория эволюции органического мира, поступательного исторического развития растений и животных.

Для создания эволюционной теории нужно было ответить на следующие вопросы: «Что является основной единицей эволюции?», «Что является факторами и движущими силами эволюции?», «Как происходит передача вновь приобретенных признаков следующим поколениям?».

В основу эволюционной теории Ламарком было положено представление о развитии, постепенном и медленном, от простого к сложному, с учетом роли внешней среды в преобразовании организмов. Ламарк считал, что первые самозародившиеся организмы дали начало всему многообразию существующих ныне органических форм. К этому времени в науке уже достаточно прочно утвердилось представление о «лестнице живых существ» как последовательном ряде независимых, неизменных, созданных Творцом форм. Он видел в градации этих форм отражение истории жизни, реального процесса развития одних форм из других. Развитие от простейших до самых совершенных организмов — главное содержание истории органического мира. Человек — тоже часть этой истории, он развился из обезьян.

Главной причиной эволюции Ламарк считал присущее живой природе *изначальное* (заложенное Творцом) *стремление к усложнению и самосовершенствованию* своей организации. Оно проявляется во врожденной способности каждого индивида к усложнению организма. Вторым фактором эволюции он называл *влияние внешней среды:* пока она не изменяется, виды постоянны, как только она становится иной, виды также начинают меняться. При этом Ламарк на более высоком уровне *по* сравнению с предшественниками разработал проблему неограниченной изменчивости живых форм под влиянием условий существования: питания, климата, особенностей почвы, влаги, температуры и т.д.

Исходя из уровня организации живых существ, Ламарк выделял две формы изменчивости:

1) прямую — непосредственную изменчивость растений и низ ших животных под влиянием условий внешней среды;

2) косвенную — изменчивость высших животных, которые имеют развитую нервную систему, воспринимающую воздействие условий существования и вырабатывающую привычки, средства самосохранения и защиты.

Показав происхождение изменчивости, Ламарк проанализировал второй фактор эволюции — наследственность. Он отмечал, что индивидуальные изменения, если они повторяются в ряде поколений, при размножении передаются по наследству потомкам и становятся признаками вида. При этом, если одни органы животных развиваются, то другие, не вовлеченные в процесс изменений, атрофируются. Так, например, в результате упражнений у жирафа появилась длинная шея, ведь предки жирафа, питаясь листьями деревьев, тянулись за ними и в каждом поколении шея и ноги росли. Тем самым Ламарк высказал предположение, что изменения, которые растения и животные приобретают в течение жизни, наследственно закрепляются и передаются по наследству потомкам. При этом потомство продолжает развиваться в том же направлении, и один вид превращается в другой.

Ламарк полагал, что историческое развитие организмов имеет не случайный, а закономерный характер и происходит в направлении постепенного и неуклонного совершенствования, повышения общего уровня организации. Кроме того, он подробно проанализировал предпосылки эволюции и сформулировал главные направления эволюционного процесса и причины эволюции. Он также разработал проблему изменчивости видов под влиянием естественных причин, показал значение времени и условий внешней среды в эволюции, которую рассматривал как проявление общего закона развития природы. Заслугой Ламарка является и то, что он первым предложил генеалогическую классификацию животных, построенную на принципах родственности организмов, а не только их сходства.

Сущность теории Ламарка заключается в том, что животные и растения не всегда были такими, какими мы их видим теперь. Он доказал, что они развивались в силу естественных законов природы, следуя эволюции всего органического мира. Для ламаркизма характерны два основных методологических признака:

- телеологизм как присущее организмам стремление к совершенствованию;
- организмоцентризм — признание организма в качестве элементарной единицы эволюции, прямо приспосабливающегося к изменению внешних условий и передающего эти изменения по наследству.

С точки зрения современной науки эти положения принципиально неверны, они опровергаются фактами и законами генетики. К тому же доказательства причин изменяемости видов, приводимые Ламарком, не были достаточно убедительными. Поэтому теория Ламарка не получила признания у современников. Но она не была и опровергнута, ее лишь забыли на некоторое время, чтобы вновь вернуться к ее идеям во второй половине XIX в., положив их в основу всех антидарвинистских концепций.

Теория катастроф Ж. Кювье

Быстрое развитие естествознания и селекционной работы, расширение и углубление исследований в различных отраслях биологии, интенсивное накопление новых научных фактов в XIX в. создали благоприятные условия для новых обобщений в теории эволюции живой природы. Одной из попыток такого рода обобщений стала теория катастроф французского зоолога Ж.Л. Кювье.

Методологической основной теории катастроф стали большие успехи в таких областях биологической науки, как сравнительная анатомия и палеонтология. Кювье систематически проводил сравнение строения и функций одного и того же органа или целой системы органов у самых разных видов животных. Исследуя строение органов позвоночных животных, он установил, что все органы любого живого организма представляют собой части единой целостной системы. Вследствие этого строение каждого органа закономерно соотносится со строением всех других. Ни одна часть тела не может изменяться без соответствующего изменения других частей. Это означает, что каждая часть тела отражает принципы строения всего организма.

Так, у травоядных животных, питающихся малопитательной растительной пищей, обязательно должен быть большой желудок, способный переварить эту пищу в больших количествах. Размер желудка обусловливает размеры других внутренних органов: позвоночника, грудной клетки. Массивное тело должно держаться на мощных ногах, снабженных твердыми копытами, а длина ног обусловливает такую длину шеи, которая дает возможность свободно щипать траву. У хищников пища более питательна, поэтому желудок у них меньше. Кроме того, им нужны мягкие лапы с подвижными когтистыми пальцами, чтобы незаметно подкрадываться к добыче и хватать ее, поэтому шея у хищников должна быть короткой, зубы острыми и т.д.

Такое соответствие органов животных друг другу Кювье назвал *принципом корреляций* (соотносительности). Руководствуясь принципом корреляций, Кювье успешно применял полученные знания,

умея по единственному зубу восстановить облик животного, ведь, по мнению Кювье, в любом фрагменте организма, как в зеркале, отражалось все животное.

Безусловной заслугой Кювье стало применение принципа корреляций в палеонтологии, что позволяло восстанавливать облик давно исчезнувших с лица Земли животных. Благодаря работам Кювье мы сегодня представляем себе, как выглядели динозавры, мамонты и мастодонты — весь мир ископаемых животных. Таким образом, Кювье, который сам исходил из идеи постоянства видов, не видя переходных форм между современными животными и животными, жившими ранее, внес большой вклад в становление эволюционной теории, появившейся полвека спустя.

В процессе своих исследований Кювье заинтересовался историей Земли, земных животных и растений. Он потратил многие годы на ее изучение, сделав при этом множество ценных открытий. В частности, он обнаружил, что останки одних видов приурочены к одним и тем же геологическим напластованиям, а в соседних пластах находятся совершенно другие организмы. На этом основании он делал вывод, что животные, населявшие нашу планету, погибали почти мгновенно от неизвестных причин, а потом на их месте появлялись совершенно иные виды. Кроме того, он выяснил, что многие современные участки суши раньше были морским дном, причем смена моря и суши происходила неоднократно.

В результате исследований Кювье пришел к выводу, что на Земле периодически происходили гигантские катаклизмы, уничтожавшие целые материки, а вместе с ними и их обитателей. Позднее на их месте появлялись новые организмы. Так была сформулирована знаменитая *теория катастроф,* пользовавшаяся большой популярностью в XIX в.

Последователи и ученики Кювье, развивая его учение, пошли еще дальше, утверждая, что катастрофы охватывали весь земной шар. После каждой катастрофы следовал новый акт божественного творения. Таких катастроф и, следовательно, актов творения они насчитывали двадцать семь.

Позиции теории катастроф пошатнулись лишь в середине XIX в. Немалую роль в этом сыграл новый подход к изучению геологических явлений Ч. Лайеля — *принцип актуализма.* Он исходил из того, что для познания прошлого Земли нужно изучить ее настоящее. Таким образом, Лайель пришел к выводу, что медленные, ничтожные изменения на Земле, если они будут долго идти в одном направлении, могут привести к поразительным результатам. Так был сделан еще один шаг к эволюционной теории, создателями которой стали Ч. Дарвин и А. Уоллес.

11.2. Теория эволюции Ч. Дарвина

Идея постепенного и непрерывного изменения всех видов растений и животных высказывалась многими учеными задолго до Дарвина. Поэтому само понятие эволюции — процесса длительных, постепенных, медленных изменений, в конечном итоге приводящих к коренным, качественным изменениям — возникновению новых организмов, структур, форм и видов, проникло в науку еще в конце XVIII в. Однако именно Дарвин создал совершенно новое учение о живой природе, обобщив отдельные эволюционные идеи в одну стройную теорию эволюции. Опираясь на огромный фактический материал и практику селекционной работы по выведению новых сортов растений и пород животных, он сформулировал основные положения своей теории, которые изложил в книге «Происхождение видов путем естественного отбора» (1859).

Основные движущие факторы эволюции в теории Дарвина

Дарвин пришел к выводу, что в природе любой вид животных и растений стремится к размножению в геометрической прогрессии. В то же время число взрослых особей каждого вида остается относительно постоянным. Так, самка трески мечет семь миллионов икринок, из которых выживает лишь 2%. Следовательно, в природе происходит борьба за существование, в результате которой накапливаются признаки, полезные для организма и вида в целом, а также образуются новые виды и разновидности. Остальные организмы гибнут в неблагоприятных условиях среды. Таким образом, борьба за существование — это совокупность многообразных, сложных взаимоотношений, существующих между организмами и условиями среды.

В борьбе за существование выживают и оставляют потомство только те особи, которые обладают комплексом признаков и свойств, позволяющим им наиболее успешно конкурировать с другими особями. Таким образом, в природе происходит процесс избирательного уничтожения одних особей и преимущественного размножения других, т.е. *естественный отбор,* или выживание наиболее приспособленных.

При изменении условий внешней среды полезными для выживания могут оказаться какие-то иные, чем прежде, признаки. В результате меняется направление отбора, перестраивается структура вида, благодаря размножению широко распространяются новые признаки — появляется новый вид. Полезные признаки сохраняются и передаются последующим поколениям, так как в живой при-

роде действует *фактор наследственности,* обеспечивающий устойчивость видов.

Однако в природе нельзя обнаружить два одинаковых, совершенно тождественных организма. Все многообразие живой природы является результатом *процесса изменчивости,* т.е. превращений организмов под влиянием внешней среды.

Итак, концепция Дарвина построена на признании объективно существующих процессов в качестве факторов и причин развития живого. Основными движущими факторами эволюции являются изменчивость, наследственность и естественный отбор.

Изменчивость. Первым звеном эволюции выступает изменчивость (изменение и превращение организмов под действием внешней среды), которая является неотъемлемым свойством живого. Вследствие изменчивости признаков и свойств даже в потомстве одной пары родителей почти никогда не встречается одинаковых особей. Чем тщательнее и глубже изучается природа, тем больше формируется убеждение во всеобщем универсальном характере изменчивости. В природе нельзя обнаружить два совершенно одинаковых, тождественных организма. При благоприятных условиях эти различия могут не оказывать заметного влияния на развитие организмов, но при неблагоприятных каждое мельчайшее различие может стать решающим в том, останется ли этот организм в живых и даст потомство или же погибнет.

Дарвин различал два вида изменчивости: 1) наследственную (неопределенную) и 2) ненаследственную (определенную).

Под *определенной (групповой) изменчивостью* понимается сходное изменение всех особей потомства в одном направлении вследствие влияния определенных условий (изменение роста в зависимости от количества и качества пищи, изменение толщины кожи и густоты шерстяного покрова при изменении климата и т.д.).

Под *неопределенной (индивидуальной) изменчивостью* понимается появление разнообразных незначительных отличий у особей одного и того же вида, которыми одна особь отличается от других. В дальнейшем «неопределенные» изменения стали назьшать мутациями, а «определенные» — модификациями.

Наследственность. Следующим фактором эволюции является наследственность — свойство организмов обеспечивать преемственность признаков и свойств между поколениями, а также определять характер развития организма в специфических условиях внешней среды. Это свойство не абсолютно: дети никогда не бывают точными копиями родителей, но из семян пшеницы всегда вырастает только пшеница и т.п. В процессе размножения от поколения к поколению передаются не признаки, а код наследственной информации, определяющий лишь возможность развития будущих при-

знаков в определенном диапазоне. Наследуется не признак, а норма реакции развивающейся особи на действие внешней среды.

Дарвин подробно проанализировал значение наследственности в эволюционном процессе и показал, что сами по себе изменчивость и наследственность еще не объясняют возникновения новых пород животных, сортов растений, их приспособленности, поскольку изменчивость разных признаков организмов осуществляется в самых разнообразных направлениях. Каждый организм — это результат взаимодействия между генетической программой его развития и условиями ее реализации.

Борьба за существование. Рассматривая вопросы изменчивости и наследственности, Дарвин обратил внимание на сложные взаимоотношения между организмом и окружающей среды, на разные формы зависимости растений и животных от условий жизни, на их приспособление к неблагоприятным условиям. Такие разнообразные формы зависимости организмов от условий окружающей среды и других живых существ он назвал *борьбой за существование.* Борьба за существование, по Дарвину, — это совокупность взаимоотношений организмов данного вида друг с другом, с другими видами живых организмов и неживыми факторами внешней среды.

Борьба за существование означает все формы проявления активности данного вида организмов, направленные на поддержание жизни своего потомства. Дарвин выделил три основные формы борьбы за существование: 1) межвидовую, 2) внутривидовую и 3) борьбу с неблагоприятными условиями внешней среды.

Примеры *межвидовой борьбы* в природе встречаются часто и всем хорошо известны. Наиболее ярко она проявляется в борьбе хищников и травоядных животных. Травоядные животные смогут выжить и оставить потомство только в том случае, если сумеют избежать хищников и будут обеспечены пищей. Но растительностью питаются также разные виды млекопитающих, а кроме того — насекомые и моллюски. И здесь возникает ситуация: что досталось одному, не досталось другому. Поэтому в межвидовой борьбе успех одного вида означает неуспех другого.

Внутривидовая борьба означает конкуренцию между особями одного вида, у которых потребность в пище, территории и других условиях существования одинакова. Дарвин считал внутривидовую борьбу наиболее напряженной. Поэтому в *процессе* эволюции у популяций выработались различные приспособления, снижающие остроту конкуренции: разметка границ, угрожающие позы и т.п.

Борьба с неблагоприятными условиями среды выражается в стремлении живых организмов выжить при резких изменениях погодных условий. В этом случае выживают лишь наиболее приспособленные к изменившимся условиям особи. Они образуют новую популяцию,

что в целом способствует выживанию вида. В борьбе за существование выживают и оставляют потомство индивиды и особи, обладающие таким комплексом признаков и свойств, которые позволяют успешно противостоять неблагоприятным условиям среды.

Естественный отбор. Однако основная заслуга Дарвина в создании теории эволюции заключается в том, что он разработал учение о естественном отборе как ведущем и направляющем факторе эволюции. Естественный отбор, по Дарвину, — это совокупность происходящих в природе изменений, обеспечивающих выживание наиболее приспособленных особей и преимущественное оставление ими потомства, а также избирательное уничтожение организмов, оказавшихся неприспособленными к существующим или изменившимся условиям окружающей среды.

В процессе естественного отбора организмы адаптируются, т.е. у них развиваются необходимые приспособления к условиям существования. В результате конкуренции разных видов, имеющих сходные жизненные потребности, хуже приспособленные виды вымирают. Совершенствование механизма приспособления организмов приводит к тому, что постепенно усложняется уровень их организации и таким образом осуществляется эволюционный процесс. При этом Дарвин обращал внимание на такие характерные особенности естественного отбора, как постепенность и медленность процесса изменений и способность суммировать эти изменения в крупные, решающие причины, приводящие к формированию новых видов.

Исходя из того, что естественный отбор действует среди разнообразных и неравноценных особей, он рассматривается как совокупное взаимодействие наследственной изменчивости, преимущественного выживания и размножения индивидов и групп особей, лучше приспособленных, чем другие к данным условиям существования. Поэтому учение о естественном отборе как движущем и направляющем факторе исторического развития органического мира является главным в теории эволюции Дарвина.

Значение эволюционной теории Дарвина

Таким образом, Дарвин последовательно решил проблему детерминации органической эволюции в целом, объяснил целесообразность строения живых организмов как результат естественного отбора, а не как результат их стремления к самосовершенствованию. Также он показал, что целесообразность строения носит всегда относительный характер, так как любое приспособление оказывается полезным только в конкретных условиях существования. Этим он нанес серьезный удар по идеям телеологизма в естествознании.

Кроме того, Дарвин подчеркивал, что элементарной единицей эволюции является не отдельная особь, как у Ламарка, а группа особей — вид. Иными словами, под действие естественного отбора могут подпасть как отдельные особи, так и целые группы. Тогда отбор сохраняет признаки и свойства, невыгодные для отдельной особи, но полезные для группы особей или вида в целом. Примером такого приспособления служит жало пчелы — ужалившая пчела оставляет жало в теле врага и погибает, но гибель особи способствует сохранению пчелиной семьи. Такой подход привел к появлению популяционного мышления в биологии, являющегося основой современных представлений об эволюции.

Наряду с несомненными достоинствами, в теории Дарвина были и существенные недостатки. Одно из возражений, выдвигавшихся ранее против этой теории, состояло в том, что она не могла объяснить причин появления у организмов многих структур, кажущихся бесполезными. Однако, как выяснилось впоследствии, многие морфологические различия между видами, не имеющие значения для выживания, представляют собой побочные эффекты действия генов, обусловливающих незаметные, но очень важные для выживания физиологические признаки.

Слабым местом в теории Дарвина также были представления о наследственности, которые подвергались серьезной критике его противниками. Действительно, если эволюция связана со случайным появлением изменений и наследственной передачей приобретенных признаков потомству, то каким образом они могут сохраниться и даже усилиться в дальнейшем? Ведь в результате скрещивания особей, обладающих полезными признаками, с другими особями, которые ими не обладают, они передадут эти признаки в ослабленном виде. В конце концов в течение ряда поколений эти случайно возникшие изменения должны будут ослабнуть, а затем и вовсе исчезнуть. Так стакан молока растворится в бочке воды почти без следа. Этот вывод был получен с помощью элементарных арифметических подсчетов британским инженером и физиком Ф. Дженкиным в 1867 г. Сам Дарвин был вынужден признать эти доводы убедительными, при тогдашних представлениях о наследственности их было невозможно опровергнуть. Вот почему в последние годы жизни он стал все больше подчеркивать воздействие на процесс эволюции направленных изменений, происходящих под влиянием определенных факторов внешней среды.

В дальнейшем были выявлены и некоторые другие недостатки теории Дарвина, касающиеся основных причин и факторов органической эволюции. Было ясно, что его теория нуждалась в дальнейшей разработке и обосновании с учетом последующих достижений биологической науки.

11.3. Дальнейшее развитие эволюционной теории. Антидарвинизм

С возникновением дарвинизма на первый план биологических исследований выдвинулось несколько задач:

- сбор доказательств самого факта эволюции;
- накопление данных об адаптивном характере эволюции;
- экспериментальное изучение взаимодействия наследственной изменчивости, борьбы за существование и естественного отбора как движущей силы эволюции;
- изучение закономерностей видообразования и макроэволюции.

Комплекс доказательств теории эволюции

Сведения, подтверждающие дарвиновскую теорию эволюции, были получены из самых разных источников, среди которых важнейшее место занимают палеонтология, биогеография, систематика, селекция растений и животных, морфология, сравнительная эмбриология и сравнительная биохимия.

Палеонтология занимается изучением ископаемых остатков, т.е. любых сохранившихся в земной коре следов прежде живших организмов. Среди них — целые организмы, твердые скелетные структуры, окаменелости, отпечатки.

Такие следы были хорошо известны ученым задолго до появления палеонтологии в качестве самостоятельной науки. Их считали либо останками существ, сотворенных раньше других, либо артефактами, помещенными в горные породы Богом.

В XIX в. эти находки были истолкованы с точки зрения теории эволюции. Дело в том, что в самых древних породах встречаются следы очень немногих простых организмов. В молодых породах находят разнообразные организмы, имеющие более сложное строение. Кроме того, достаточно много примеров существования видов лишь на одном из этапов геологической истории Земли, после чего они исчезают. Это понимается как возникновение и вымирание видов с течением времени.

Постепенно ученые стали находить следы все большего количества «недостающих звеньев» в эволюции жизни — либо в виде ока-менелостей (например, археоптерикс — переходная форма между рептилиями и птицами), либо в виде ныне живущих организмов, близких по своему строению к ископаемым формам (например, латимерия, относящаяся к давно вымершим кистеперым рыбам). Конечно, ученым удалось найти далеко не все переходные формы, поэтому палеонтологическая летопись нашей планеты не является непрерывной, и этим аргументом пользуются противники эволю-

ционной теории. Тем не менее, ученые находят убедительные объяснения этого факта. В частности, считается, что далеко не все умершие организмы оказываются в условиях, благоприятных для их сохранения. Большая часть погибших особей съедается падальщиками, разлагается, не оставляя никаких следов, возвращается в круговорот веществ в природе.

Палеонтологам удалось открыть некоторые закономерности эволюции. В частности, с ростом сложности организма продолжительность существования вида сокращается, а темпы эволюции возрастают. Так, виды птиц в среднем существуют 2 млн. лет, млекопитающие — по 800 тыс. лет, предки человека — около 200 тыс. лет. Также удалось выяснить, что продолжительность жизни вида зависит от размера его представителей.

Географическое распространение (биография). Все организмы приспособлены к среде своего обитания. Поэтому все виды возникли в каком-то определенном ареале, а оттуда они могли распространиться в области со схожими природными условиями. Степень расселения зависит от того, насколько успешно могут данные организмы обосноваться в новых местах, насколько сложны естественные преграды, стоящие на пути расселения этого вида (океаны, горы, пустыни). Поэтому обычно распространение видов идет лишь в том случае, если подходящие территории расположены близко друг от друга. Так, в далеком прошлом массивы суши располагались ближе друг к другу, чем сейчас, и это способствовало широкому расселению многих видов. Если же в какой-то области нет более развитых видов, то это указывает на раннее отделение данной территории от места первоначального происхождения видов. Именно поэтому в Австралии сохранилось большое число сумчатых, отсутствующих в Европе, Африке и Азии.

Данные факты не объясняют механизма возникновения новых видов, но указывают на то, что разные группы возникали в разное время и в разных областях, подтверждая, таким образом, теорию эволюции.

Систематика. Первую таксономическую классификацию, в которую вошли выделенные единицы-таксоны, находящиеся в отношениях иерархического соподчинения создал К. Линней. В качестве единиц-таксонов Линней выделял: вид, род, семейство, отряд, класс, тип и царство. В основу своей классификации он положил структурное сходство между организмами, которое можно представить как результат их адаптации к определенным условиям среды на протяжении некоторого периода. Таким образом, эта классификация хорошо вписывается в эволюционную теорию, иллюстрируя процесс эволюции на Земле.

Селекция растений и животных. Помимо естественного отбора существует искусственный отбор, связанный с целенаправленной

деятельностью человека по сохранению и созданию нужных видов. Именно так, путем селекции, из диких предков были выведены все культурные сорта растений и породы домашних животных. Ссылка на искусственный отбор дала Дарвину возможность провести аналогию с естественным отбором, идущим в природе.

С созданием генетики стало ясно, что в ходе искусственного отбора сохраняются гены, полезные с точки зрения человека, и убираются гены, не устраивающие его.

Сравнительная анатомия занимается сопоставлением различных групп растений и животных друг с другом. При этом выявляются общие структурные черты, присущие им. Так, у всех цветковых растений есть чашелистники, лепестки, тычинки, рыльце, столбик и завязь, хотя у разных видов они могут иметь разные размеры, окраску, число составляющих их частей и некоторые особенности их строения. То же самое можно сказать и о животных.

Таким образом, сравнительная анатомия выявляет гомологичные органы, построенные по одному плану, занимающие сходное положение и развивающиеся из одних и тех же зачатков. Существование таких органов, как и появление рудиментарных органов, сохраняющихся у организмов, но не выполняющих никакой функции, можно объяснить только с позиций теории эволюции.

Сравнительная эмбриология. Одним из основоположников этой науки стал К. Бэр, который изучал эмбриональное развитие у представителей разных групп позвоночных. При этом он обнаружил поразительное сходство в развитии зародышей всех групп, особенно на ранних этапах их развития.

После этого Э. Геккель высказал мысль о том, что ранние стадии развития зародыша повторяют эволюционную историю своей группы. Он сформулировал закон рекапитуляции, согласно которому онтогенез повторяет филогенез. Иными словами, индивидуальное развитие организма повторяет развитие всего вида. Так, зародыш позвоночных на разных этапах своего развития имеет признаки рыбы, амфибии, рептилии, птицы и млекопитающего. Поэтому на ранних стадиях развития зародыша бывает очень сложно определить, к какому виду он принадлежит. Лишь на поздних этапах эмбрион приобретает сходство с взрослой формой.

Закон рекапитуляции может быть объяснен только наличием общих предков у всех живых организмов, что подтверждает эволюционную теорию.

Сравнительная биохимия. С ее появлением у эволюционной теории появились строго научные доказательства. Именно сравнительная биохимия показала наличие одинаковых веществ у всех организмов, подтверждающее их очевидное биохимическое родство. Вначале было доказано родство всех белков, а позднее — нуклеиновых кислот.

Иммунные реакции также подтверждают наличие эволюционных связей. Если белки, содержащиеся в сыворотке крови, ввести в кровь животным, у которых этих белков нет, то они действуют как антигены, побуждая организмы животных вырабатывать антитела.

Открытие законов и механизмов эволюции

Исследователями было выявлено два класса механизмов эволюции: адаптационные и катастрофические, или пороговые.

Адаптационные механизмы связаны с приспособлением организмов к окружающей среде. При этом происходит самонастройка системы, обеспечивающая ее стабильность в определенных условиях. Таким образом, изучая особенности среды, можно предвидеть, в каком направлении будут действовать механизмы адаптации. Этим пользуются селекционеры, проводя искусственный отбор.

Можно сказать, что никакие внутренние или внешние возмущения не способны вывести изучаемую систему за пределы того канала эволюции, который предусмотрен для нее природой. Поэтому все возможные изменения системы, ее развитие можно предсказать с большой точностью. Таким образом, с точки зрения неравновесной термодинамики адаптационный механизм относится к одному из эволюционных этапов в развитии систем.

Катастрофические механизмы эволюции имеют другую природу. Они связаны со скачком в развитии систем, происходящим при переходе через точку бифуркации. Обычно это связано с резким изменением условий окружающей среды. При этом старая структура системы разрушается и образуется качественно новая структура. Переход через точку бифуркации всегда идет случайно. Заранее предсказать, как пойдет развитие, невозможно. Поэтому периодически в биосфере Земли происходят катастрофические события, стимулирующие вымирание старых видов растений и животных и появление новых.

Законы эволюции. Тем не менее, общим правилом является непрерывное усложнение и рост разнообразия органического мира после каждого перехода через критические точки в развитии биосферы. Это правило носит название *закона дивергенции,* который объясняет, почему первоначально близкие группы организмов разошлись в процессе эволюции, создав огромное разнообразие видов.

К началу XX в. были открыты и другие законы эволюции. Так, в 1876 г. Ш. Делере установил *правило прогрессирующей специализации,* в соответствии с которым группа, вступившая на путь специализации, как правило, в своем дальнейшем развитии будет идти по пути все более глубокой специализации.

И.И. Шмальгаузен открыл *процесс автономизации онтогенеза,* который говорит о сохранении определяющего значения физико-

химических факторов внешней среды, что ведет к возникновению относительной устойчивости развития.

К. Уолдингтон сформулировал *принцип гомеостаза,* показывающий способность организмов к саморегуляции и поддержанию стабильности внутренней среды организма.

Наконец, Л. Долло открыл *правило необратимости,* согласно которому эволюция является необратимым процессом, и организм не может вернуться к прежнему состоянию, в котором находились его предки.

Антидарвинизм

Критика дарвинизма велась практически со времени его возникновения и имела объективные основания, поскольку из поля зрения дарвинистов изначально выпадал ряд важных вопросов. К их числу относятся вопросы о причинах сохранения в историческом развитии системного единства организмов, механизмах включения в эволюционный процесс онтогенетических перестроек, неравномерности темпов эволюции, причинах прогрессивной макроэволюции, причинах и механизмах биотических кризисов и др.

Антидарвинизм второй половины XIX — начала XX вв. был представлен двумя главными течениями — неоламаркизмом и концепциями телеогенеза. Борьба с ними, а также поиск экспериментальных доказательств отдельных факторов естественного отбора составили основное содержание биологии этого времени.

Неоламаркизм. Первым крупным антидарвинистским учением стал неоламаркизм, возникший в конце XIX в. Это учение основывалось на признании адекватной изменчивости, возникающей под непосредственным или косвенным влиянием факторов окружающей среды, вызывающих прямое приспособление организма к ним. Также неоламаркисты говорили о наследовании приобретенных таким образом признаков, отрицали созидательную роль естественного отбора.

Как видно из названия этого направления, основу неоламаркизма составили идеи Ламарка, о которых ученые забыли в начале века, но вспомнили о них после появления дарвиновской теории эволюции. Неоламаркизм не был единым течением, а объединял в себе несколько направлений, каждое из которых пыталось развить ту или иную сторону учения Ламарка. В неоламаркизме выделяются:

• *механоламаркизм* — концепция эволюции, согласно которой целесообразная организация создается путем приспособления, или согласно Ламарку, упражнения органов. Эта концепция объясняла эволюционные преобразования организмов их изначальной способностью целесообразно реагировать на изменения внешней среды, изме-

няя при этом свои структуры и функции. Вся сложность эволюционного процесса, таким образом, сводилась к простой теории равновесия сил, заимствованной, по существу, из ньютоновской механики. Сторонниками этого направления были Г. Спенсер и Т. Эймер;

• *психоламаркизм* — основу этого направления составила идея Ламарка о значении в эволюции животных таких факторов, как привычки, усилия воли, сознание. Считалось, что эти факторы присущи не только организму животного в целом, но и составляющим его клеткам. Таким образом, эволюция представлялась как постепенное усиление роли сознания в движении от примитивных существ до разумных форм жизни. Это развивало учение о панпсихизме, всеобщей одушевленности. Сторонниками этого направления были А. Паули и А. Вагнер;

• *ортоламаркизм* — совокупность гипотез, развивающих идею Ламарка о стремлении организмов к совершенствованию как внутренне присущей всему живому движущей силе эволюции. Сторонниками ортоламаркизма были К. Нэгели, Э. Коп, Г. Осборн, которые полагали, что направленность эволюции обусловлена внутренними изначальными свойствами организмов. Эти взгляды родственны идеям автогенезиса, рассматривающего эволюцию как процесс развертывания предсуществующих задатков, носящий целенаправленный характер и происходящий на основе изначальных внутренних потенциальных возможностей.

Телеологическая концепция эволюции, или телеогенез, идейно была близко связана с ортоламаркизмом, так как исходила из все той же идеи Ламарка о внутреннем стремлении всех живых организмов к прогрессу. Наиболее видным представителем этого направления стал русский естествоиспытатель, основатель эмбриологии К. Бэр.

Своеобразную модификацию телеогенеза представляли взгляды сторонников *сальтационизма,* заложенного в 60—70-е гг. XIX в. А. Зюссом и А. Келликером. По их мнению, уже на заре появления жизни возник весь план будущего развития природы, а влияние внешней среды определяло лишь частные моменты эволюции. Все крупнейшие эволюционные события — от возникновения новых видов до смены биот в геологической истории Земли — происходят в результате скачкообразных изменений, сальтаций, или макромутаций. По сути дела, это был катастрофизм, усиленный дополнительными аргументами. Эти взгляды существуют до сегодняшнего дня.

Генетический антидарвинизм. В начале XX в. возникла генетика — учение о наследственности и изменчивости. Казалось бы, ее появление должно было решить многие вопросы эволюционной теории, до сих пор остававшиеся без ответа. Но первые генетики противопоставили данные своих исследований дарвинизму, в результате

чего в эволюционной теории возник глубокий кризис. Выступление генетиков против учения Дарвина вылилось в широкий фронт, объединяющий несколько течений: мутационизм, гибридогенез, пре-адаптационизм и др. Все они объединились под общим названием генетического антидарвинизма.

Так, открытие устойчивости генов трактовалось как их неизменность. Это способствовало распространению *антиэволюционизма* (У. Бетсон). Мутационная изменчивость отождествлялась с эволюционными преобразованиями, что исключало необходимость отбора как главной причины эволюции.

Венцом этих построений стала теория номогенеза Л.С. Берга, созданная в 1922 г. Основу ее составила идея, что эволюция есть запрограммированный процесс реализации внутренних, присущих всему живому закономерностей. Он считал, что организмы обладают внутренней силой неизвестной природы, действующей целенаправленно, независимо от внешней среды, в сторону усложнения организации. В доказательство этого Берг приводил множество данных по конвергентной и параллельной эволюции разных групп растений и животных.

Из всех этих споров со всей очевидностью следовало, что генетика и дарвинизм должны были найти общий язык. Но прежде чем приступать к рассмотрению дальнейшего развития теории эволюции, следует подробнее остановиться на основных положениях генетики, без которой современный дарвинизм был бы невозможен.

11.4. Основы генетики

Генетика возникла в начале XX в., хотя первые шаги в изучении наследственности были сделаны во второй половине XIX в. чешским естествоиспытателем Г. Менделем, который своими опытами заложил основы современной генетики. В 1868 г. он поставил опыты по скрещиванию гороха, в которых доказал, что наследственность не имеет промежуточного характера, а передается дискретными частицами. Сегодня мы называем эти частицы генами. Результаты своих наблюдений Мендель отразил в опубликованной им научной статье, которая, к сожалению, осталась незамеченной.

Те же самые выводы были вновь получены в 1900 г., когда три исследователя — X. Де Фриз, К. Корренс и Э. Чермак — провели свои эксперименты, в которых повторно открыли правила наследования признаков. Поэтому основателями новой науки считаются вышеназванные ученые, а свое название эта наука получила в 1906 г., •дал его английский биолог У. Бетсон.

Огромную роль в становлении генетики сыграл датский исследователь В. Иогансен, который ввел в широкий обиход основные

термины и определения, используемые в этой науке. Среди них важнейшим понятием является *«ген»* — элементарная единица наследственности. Он представляет собой внутриклеточную молекулярную структуру. Как мы знаем сегодня, ген — это участок молекулы ДНК, находящийся в хромосоме, в ядре клетки, а также в ее цитоплазме и органоидах. Ген определяет возможность развития одного элементарного признака или синтез одной белковой молекулы. Как было отмечено ранее, число генов в крупном организме может достигать многих миллиардов. В организме гены являются своего рода «мозговым центром». В них фиксируются признаки и свойства организма, передающиеся по наследству.

Совокупность всех генов одного организма называется **генотипом.**

Совокупность всех вариантов каждого из генов, входящих в состав генотипов определенной группы особей или вида в целом, называется *генофондом.* Например, у мухи дрозофилы известна целая серия из 12 генов окраски глаза (красная, коралловая, вишневая, абрикосовая и т.д. до белого цвета). Генофонд является видовым, а не индивидуальным признаком.

Совокупность всех признаков одного организма называется **фенотипом.** Фенотип представляет собой результат взаимодействия генотипа и окружающей среды.

Генетика изучает два фундаментальных свойства живых систем — наследственность и изменчивость, т.е. способность живых организмов передавать свои признаки и свойства из поколения в поколение, а также приобретать новые качества. Наследственность создает непрерывную преемственность признаков, свойств и особенностей развития в ряду поколений. Изменчивость обеспечивает материал для естественного отбора, создавая как новые варианты признаков, так и бесчисленное множество комбинаций прежде существовавших и новых признаков живых организмов.

Генетика о наследственности

В основу генетики легли законы наследственности, обнаруженные Менделем при проведении им серии опытов по скрещиванию различных сортов гороха. В ходе этих исследований им были открыты количественные закономерности наследования признаков, позже названные в честь первооткрывателя *законами Менделя.* Эти три закона известны как закон единообразия первого поколения

гибридов, закон расщепления и закон независимого комбинирования признаков.

Первый закон Менделя — закон единообразия первого поколения гибридов — устанавливает, что при скрещивании двух особей, различающихся по одной паре альтернативных признаков, гибриды первого поколения оказываются единообразными, проявляя лишь один признак. Например, при скрещивании двух сортов гороха с желтыми и зелеными семенами в первом поколении гибридов все семена имеют желтую окраску. Этот признак, проявляющийся в первом поколении гибридов, называется *доминантным.* Второй признак (зеленая окраска), называется *рецессивным* и в первом поколении гибридов подавляется.

Второй закон Менделя — закон расщепления — гласит, что при скрещивании гибридов первого поколения их потомство (второе поколение гибридов) дает расщепление по анализируемому признаку в отношении 3 : 1 по фенотипу, 1:2:1 по генотипу, или Аа + Аа = АА + 2Аа + аа. В этом же примере скрещивания двух сортов гороха с желтыми и зелеными семенами во втором поколении гибридов произойдет расщепление: появятся растения с зелеными семенами (рецессивный признак), однако количество зеленых семян будет в три раза меньше количества желтых (доминантный признак).

Третий закон Менделя — закон независимого комбинирования признаков — утверждает, что при скрещивании организмов, отличающихся друг от друга по двум и более парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях. Так, при дигибридном скрещивании двух сортов гороха с желтыми гладкими и зелеными морщинистыми семенами во втором поколении гибридов по внешним признакам выявляются четыре группы особей (желтые гладкие семена, желтые морщинистые, зеленые гладкие, зеленые морщинистые) в количественном соотношении — 9:3:3:1.

Хромосомная теория наследственности. Третий закон Менделя действует не во всех случаях. Поэтому важным этапом в развитии генетики явилось создание в начале XX в. американским ученым Г. Морганом хромосомной теории наследственности. Наблюдая деление клеток, Морган пришел к выводу, что основная роль в передаче наследственной информации принадлежит хромосомам клеточного ядра. Американскому ученому удалось выявить закономерности наследования признаков, гены которых находятся в одной хромосоме, — они наследуются совместно. Это называется *сцеплением генов,* или *законом Моргана.* Морган логично заключил, что у любого организма признаков много, а число хромосом невелико. Следовательно, в каждой хромосоме должно находиться много генов.

Каждая хромосома состоит их центральной нити, именуемой *хромонемой,* вдоль которой расположены структуры — *хромомеры.* Хромосомы приобретают такой вид только во время деления клетки, в другое же время они имеют вид тонких темноокрашенных нитей. В каждой клетке любого организма данного вида содержится определенное число хромосом, но их количество у каждого вида различно. Например, у плодовой мушки дрозофилы их 8, у садового гороха — 14, у жабы — 22, у крысы — 42, у утки — 80, а у микроскопического морского животного радиолярии — 1600. Геном человека состоит из 46 хромосом. У других видов животных количество хромосом может быть различным, но определенным и постоянным для данного вида. Хромосомы всегда парны, т.е. в клетке всегда имеется по две хромосомы каждого вида. Так, у человека имеется 23 пары хромосом. Пары отличаются друг от друга по длине, форме и наличию утолщений и перетяжек.

Ответила генетика также и на вопрос о происхождении половых различий. Так, у человека из 23 пар хромосом 22 пары одинаковы как у мужского, так и у женского организмов, а одна пара — различна. Именно благодаря этой паре обусловлены половые различия, поэтому ее называют *половыми хромосомами,* в отличие от одинаковых хромосом, названных *аутосомами.* Половые хромосомы у женщин одинаковы, их называют *Х-хромосомами.* У мужчин половые хромосомы разные — одна Х-хромосома и одна У-хромосома. Для каждого человека решающую роль в определении пола играет У-хромосома. Если яйцеклетка оплодотворяется сперматозоидом, несущим Х-хромосому, развивается женский организм, если же в яйцеклетку проникает сперматозоид, содержащий У-хромосому, развивается мужской организм.

Следующий важный этап в развитии генетики начался в 1930-е гг. и связан с открытием роли ДНК в передаче наследственной информации. Началось раскрытие генетических закономерностей на молекулярном уровне, зародилась новая дисциплина — молекулярная генетика. Тогда же в ходе исследований было установлено, что основная функция генов состоит в кодировании синтеза белков. Затем, в 1950 г. С. Бензером была установлена тонкая структура генов, был открыт молекулярный механизм функционирования генетического кода, понят язык, на котором записана генетическая информация. Для этого используются четыре азотистых основания (аде-нин, тимин, гуанин и цитозин), пятиатомный сахар и остаток фосфорной кислоты. И, наконец, был расшифрован механизм репликации (передачи наследственной информации) ДНК. Известно, что последовательность оснований в одной нити в точности предопределяет последовательность оснований в другой — это так называемый *принцип комплиментарности,* действующий по типу матрицы.

При размножении две спирали старой молекулы ДНК расходятся, и каждая становится матрицей для воспроизводства новых нитей ДНК. Каждая из двух дочерних молекул обязательно включает в себя одну старую полинуклеотидную цепь и одну новую. Удвоение молекул ДНК происходит с удивительной точностью, чему способствует двухцепочное строение молекулы — новая молекула абсолютно идентична старой. В этом заключается глубокий смысл, потому что нарушение структуры ДНК, приводящее к искажению генетического кода, сделало бы невозможным сохранение и передачу по наследству генетической информации, обеспечивающей развитие присущих организму признаков. Спусковым механизмом репликации является наличие особого фермента — ДНК-полимеразы.

Генетика об изменчивости

Генетические механизмы наследственности тесно связаны с генетическими механизмами изменчивости, т.е. со способностью живых организмов приобретать новые признаки и свойства в процессе взаимодействия организма с окружающей средой. Изменчивость является основой для естественного отбора и эволюции организмов.

По механизмам возникновения и характеру изменений признаков генетика различает две основные формы изменчивости: 1) наследственную (генотипическую) и 2) ненаследственную (фено-типическую), или модификационную изменчивость. Модификаци-онная изменчивость зависит от конкретных условий среды, в которой существует отдельный организм, и дает возможность приспособиться к этим условиям, но в пределах нормы реакции. Так, европеец, долго живущий в Африке, приобретет сильный загар, но цвет его кожи все-таки не будет таким, как у коренных обитателей этого континента. Данные изменения не наследуются.

Изменчивость, связанная с изменением генотипа, называется **генотипической изменчивостью.**

Генетическая изменчивость передается по наследству и подразделяется на комбинативную и мутационную.

Наиболее ярко наследственная изменчивость проявляется в мутациях — перестройках наследственного основания, генотипа организма. *Мутационная изменчивость* — это скачкообразное и устойчивое изменение генетического материала, передающееся по наследству. Хотя процесс репликации ДНК и деления клеток обычно идет чрезвычайно точно, иногда, примерно один раз на тысячу или миллион случаев, этот процесс нарушается, и тогда хромосомы новой клетки отличаются от тех, которые были в старой. Таким образом,

мутация возникает вследствие изменения структуры генов или хромосомы и служит единственным источником генетического разнообразия. Существуют разные типы генных и хромосомных мутаций.

Факторы, способные вызывать мутации, называются *мутагенами.* Они подразделяются на физические (различные виды излучений, высокие или низкие температуры), химические (некоторые лекарства и др.) и биологические (вирусы, бактерии). По значимости для организма мутации подразделяются на отрицательные — летальные (несовместимые с жизнью), полулетальные (снижающие жизнеспособность организма), нейтральные и положительные (повышающие приспособляемость и жизнестойкость организма). Положительные мутации встречаются крайне редко, но именно они лежат в основе прогрессивной эволюции.

Комбинативная изменчивость связана с получением новых комбинаций генов, имеющихся в генотипе. Сами гены при этом не изменяются, но возникают их новые сочетания, что приводит к появлению организмов с другим генотипом и, следовательно, фенотипом. Опыты Менделя по дигибридному скрещиванию являются примером проявления изменчивости, обусловленной перекомбинацией генов, т.е. комбинативной изменчивости. Еще одним примером такой изменчивости является генетическая рекомбинация, которая происходит при половом размножении. Именно поэтому дети похожи на своих родителей, но не являются их точной копией. Кроме того, рекомбинация может происходить за счет включения в геном клетки новых, привнесенных извне генетических элементов — мигрирующих генетических элементов. В последнее время было установлено, что даже само их внедрение в клетку дает мощный толчок к множественным мутациям.

Такой толчок могут давать вирусы — одни из наиболее опасных мутагенов. Вирусы — это мельчайшие из живых существ. Они не имеют клеточного строения, не способны сами синтезировать белок, поэтому получают необходимые для их жизнедеятельности вещества, проникая в живую клетку и используя чужие органические вещества и энергию. У человека, как и у растений, и у животных, вирусы вызывают множество заболеваний.

Хотя мутации — главные поставщики эволюционного материала, однако они относятся к изменениям случайным, подчиняющимся вероятностным, или статистическим, законам. Поэтому они не могут служить определяющим фактором эволюционного процесса. Правда, некоторые ученые рассматривают мутации в качестве основного эволюционного фактора, забывая при этом, что в таком случае необходимо признать изначальную полезность и пригодность абсолютно всех возникающих случайных изменений. А это противоречит наблюдениям в природе и экспериментам в селекции.

В действительности, кроме отбора — естественного или искусственного, не существует никакого другого средства регулирования наследственной изменчивости. Только отбор со стороны природы или человека может сохранить случайно появившиеся изменения, оказавшиеся полезными в определенных условиях, и использовать их для дальнейшей эволюции.

Тем не менее, идея о ведущей роли мутаций в эволюционном процессе легла в основу *теории нейтральных мутаций,* созданной в 70—80-е гг. XX в. японскими учеными М. Кимурой и Т. Ота. Согласно этой теории изменения в функциях белоксинтезирующего аппарата являются результатом случайных, нейтральных по своим эволюционным последствиям мутаций. Их истинная роль — провоцировать генетический дрейф — изменение частоты генов в популяции под действием совершенно случайных факторов. На этой основе была провозглашена нейтралистская концепция недарвиновской эволюции, сущность которой заключается в идее, что на молекулярно-генетическом уровне естественный отбор не работает. И хотя эти представления не являются общепринятыми среди биологов, очевидно, что непосредственной ареной действия естественного отбора является фенотип, т.е. живой организм, онтогенетический уровень организации жизни.

11.5. Синтетическая теория эволюции

Рассматривая основные факторы эволюции, нетрудно убедиться, что исходные идеи теории эволюции Дарвина в дальнейшем подверглись значительным уточнениям, дополнениям и исправлениям. Особую роль в становлении новых представлений о развитии сыграла генетика, которая составила основу неодарвинизма — теории органической эволюции путем естественного отбора признаков, детерминированных генетически. Другое общепринятое название неодарвинизма — синтетическая (основанная на данных многих областей естествознания), или общая, теория эволюции (СТЭ). Синтетическая теория эволюции представляет собой синтез основных эволюционных идей Дарвина и, прежде всего, естественного отбора с новыми результатами исследований в области наследственности и изменчивости.

Началом разработки синтетической теории эволюции принято считать работы русского генетика С.С. Четверикова по популяционной генетике, затем к этой работе подключились около 50 ученых из восьми стран. В их работах было показано, что отбору подвергаются не отдельные признаки или особи, а генотип всей популяции, однако осуществляется он через фенотипические признаки

отдельных особей. Это приводит к распространению полезных изменений во всей популяции. Полезность изменчивости будет определяться естественным отбором группы особей, наиболее приспособленных к жизни в определенных условиях. Таким образом, элементарной единицей эволюции считается уже не особь (как считал Ламарк), не вид (как считал Дарвин), а совокупность особей одного вида, способных скрещиваться между собой, т.е. популяция.

Мутировавший ген создает у особи новый признак, который в случае полезности для популяции закрепляется в ней. Эффективность процесса определяется частотой возникновения в популяции признака и состоянием особей в популяции.

Существенный вклад в становление СТЭ внес российский ученый Н.В. Тимофеев-Ресовский. Он сформулировал положение об элементарных явлениях и факторах эволюции. По его мнению:

- элементарной эволюционной структурой является популяция;
- элементарным эволюционным явлением является изменение генотипического состава популяции;
- элементарным наследственным материалом является генофонд популяции;
- элементарными эволюционными факторами являются мутационный процесс, «волны жизни», изоляция и естественный отбор.

Основные факторы эволюции СТЭ

Дарвин и его последователи к основным факторам эволюции относили изменчивость, наследственность и естественный отбор. В настоящее время к ним добавляют множество других дополнительных, неосновных факторов, которые, тем не менее, оказывают влияние на эволюционный процесс, а сами основные факторы понимаются теперь по-новому.

Ведущие факторы эволюции. К ведущим факторам эволюции в настоящее время относят мутационные процессы, популяционные волны численности, изоляцию и естественный отбор.

Поскольку *мутации* возникают случайно, постольку их результат становится неопределенным, однако случайное изменение становится необходимым, когда оно оказывается полезным для организма, помогает ему выжить в борьбе за существование. Закрепляясь и повторяясь в ряде поколений, случайные изменения вызывают перестройку в структуре живых организмов и их популяций и таким образом приводят к возникновению новых видов. Популяции, насыщенные мутациями, обладают широкими возможностями для совершенствования существующих и выработки новых приспособлений в измененяющихся условиях среды. Однако сам мутационный процесс без участия других факторов эволюции не может

направлять изменение природной популяции. Он является лишь поставщиком элементарного эволюционного материала.

Популяционными волнами называют колебания численности особей в популяции. Причины этих колебаний могут быть различными. Например, резкое сокращение численности популяции может произойти вследствие истощения кормовых ресурсов. Среди оставшихся в живых немногочисленных особей могут оказаться редкие генотипы. Если в дальнейшем численность восстановится за счет этих особей, то это приведет к случайному изменению частот генов в генофонде данной популяции. Таким образом, популяционные волны являются поставщиком эволюционного материала.

В качестве третьего основного фактора эволюции СТЭ признает *обособленность (изоляцию) группы организмов.* На эту особенность указывал еще Дарвин, который считал, что для образования нового вида определенная группа старого вида должна обособиться, но он не мог объяснить необходимость этого требования с точки зрения наследственности. В настоящее время установлено, что обособление и изоляция определенной группы организмов необходимы для того, чтобы она не могла скрещиваться с другими видами и тем самым передавать им и получать от них генетическую информацию. Изоляция разных групп организмов в природе, а также в практике селекционной работы осуществляется разными способами, но цель их одна — исключить обмен генетической информацией с другими видами.

Направляющий фактор СТЭ — естественный отбор. Однако в настоящее время представления о естественном отборе дополнились новыми фактами, значительно расширились и углубились. Естественный отбор следует понимать как избирательное выживание и возможность оставления потомства отдельными особями. Биологическое значение особи, давшей потомство, определяется ее вкладом в генофонд популяции. Отбор действует в популяции, его объектами являются фенотипы отдельных особей. Фенотип организма формируется на основе реализации информации генотипа в определенных условиях среды. Таким образом, отбор из поколения в поколение по фенотипам ведет к отбору генотипов, так как потомкам передаются не признаки, а генные комплексы.

В СТЭ различают три основные формы естественного отбора: 1) стабилизирующий, 2) движущий и 3) дизруптивный.

Стабилизирующий отбор способствует сохранению признаков вида в относительно постоянных условиях среды. Он поддерживает средние значения, выбраковывая мутационные отклонения от ранее сформировавшейся нормы. Стабилизирующая форма отбора действует до тех пор, пока сохраняются условия, повлекшие образование того или иного признака или свойства. Примером стабилизирующе-

го отбора является избирательная гибель домовых воробьев при неблагоприятных погодных условиях. У выживших птиц различные признаки оказываются близкими к средним значением. Среди погибших эти признаки сильно варьировались. Примером действия этой формы отбора в популяциях людей служит большая выживаемость детей со средней массой.

Движущий отбор благоприятствует изменению среднего значения признака в измененных условиях среды. Он обусловливает постоянное преобразование приспособлений видов соответственно изменениям условий существования. Особи популяции имеют некоторые отличия по генотипу и фенотипу. При длительном изменении внешней среды, преимущественно в жизнедеятельности и размножении, может появиться часть особей вида с некоторыми отклонениями от средней нормы. Это приведет к изменению генетической структуры, возникновению эволюционно новых приспособлений и перестройке организации вида. Одним из примеров этой формы отбора является потемнение окраски бабочки березовой пяденицы в развитых индустриальных районах Англии. В сельскохозяйственных районах распространены светлоокрашенные формы, а вблизи промышленных центров кора деревьев становится темной из-за исчезновения лишайников, поэтому там преобладает форма темноокрашенных бабочек.

Дизруптивный отбор действует в разнообразных условиях среды, встречающихся на одной территории, и поддерживает несколько фенотипически различных форм за счет особей со средней нормой. Если условия среды настолько изменились, что основная масса вида утрачивает приспособленность, то преимущество приобретают особи с крайними отклонениями от средней нормы. Такие формы быстро размножаются, и на основе одной группы формируется несколько новых. Основной результат этого отбора заключается в наличии нескольких, различающихся по какому-либо признаку групп, как бы разрывающих популяцию.

Следует отметить, что перечисленные типы отбора очень редко встречаются в чистом виде. Как правило, в живой природе наблюдаются сложные, комплексные типы отбора, и необходимы особые усилия, чтобы выделить из них более простые типы.

Концепции микро- и макроэволюции

Важной составной частью синтетической теории эволюции являются концепции микро- и макроэволюции.

Под микроэволюцией понимают совокупность эволюционных процессов, протекающих в популяциях, приводящих к изменениям генофонда этих популяций и образованию новых видов.

Считается, что микроэволюция протекает на основе мутационной изменчивости под контролем естественного отбора. Мутации служат единственным источником появления качественно новых признаков, а естественный отбор — единственным творческим фактором микроэволюции, направляющим элементарные эволюционные изменения по пути формирования адаптации организмов к изменяющимся условиям внешней среды. На характер процессов микроэволюции оказывают влияние колебания численности популяций («волны жизни»), обмен генетической информацией между ними, их изоляция и дрейф генов. Микроэволюция ведет либо к изменению всего генофонда биологического вида как целого, либо к их обособлению от родительского вида в качестве новых форм.

Под **макроэволюцией** понимают эволюционные преобразования, ведущие к формированию таксонов более высокого ранга, чем вид (родов, отрядов, классов).

Считается, что макроэволюция не имеет специфических механизмов и осуществляется только посредством процессов микроэволюции, будучи их интегрированным выражением. Накапливаясь, микроэволюционные процессы выражаются внешне в макро-эволюционных явлениях, т.е. макроэволюция представляет собой обобщенную картину эволюционных изменений. Поэтому на уровне макроэволюции обнаруживаются общие тенденции, направления и закономерности эволюции живой природы, которые не поддаются наблюдению на уровне микроэволюции.

Основные положения СТЭ

Исходя из сказанного выше, основные положения синтетической теории эволюции сводятся к четырем утверждениям:

1) главным фактором эволюции является естественный отбор, интегрирующий и регулирующий действие всех остальных факторов (мутагенеза, гибридизации, миграции, изоляции и др.);

2) эволюция протекает дивергентно, постепенно, посредством отбора случайных мутаций, а новые формы образуются через наследственные изменения;

3) эволюционные изменения случайны и ненаправленны; исходным материалом для них являются мутации; исходные организации популяции и изменения внешних условий ограничивают и направляют наследственные изменения;

4) макроэволюция, ведущая к образованию надвидовых групп, осуществляется только посредством процессов микроэволюции, и

каких-либо специфических механизмов возникновения новых форм жизни не существует.

Синтетическая теория эволюции не является застывшей и завершенной концепцией. У нее есть ряд трудностей, на которых основываются недарвиновские концепции эволюции, как уже упоминавшиеся выше, так и недавно возникшие. Так, она допускает возможность изменения геномов организмов в результате мутаций. Но геном любого организма содержит огромное количество нуклеоти-дов, поэтому мутации не могут повлиять на него так, чтобы получился другой геном. Скорее всего, изменение генома одной клетки или нескольких клеток приведет к рассогласованию в поведении клеток, и популяции клеток не сформируется.

По мнению ряда ученых, приспособленность организмов, естественный отбор и мутации действуют в живой природе, но они не работают в тех масштабах, которые необходимы для образования новых форм.

Так, недавно возникла еще одна концепция недарвиновской эволюции — *пунктуализм.* Его сторонники считают, что процесс эволюции идет путем редких и быстрых скачков, а в 99% своего времени вид пребывает в стабильном состоянии — стазисе. В предельных случаях скачок к новому виду может совершиться в популяции, состоящей всего из десятка особей, в течение одного или нескольких поколений. Эта гипотеза опирается на широкую генетическую базу, заложенную рядом фундаментальных открытий в молекулярной генетике и биохимии. Пунктуализм отверг генетико-популяционную модель видообразования, идею Дарвина о разновидностях и подвидах как зарождающихся видах и сфокусировал свое внимание на молекулярной генетике особи как носителе всех свойств вида. Ценность этой концепции заключается в идее разобщенности микро- и макроэволюции и независимости управляемых ими факторов.

Возможно, в будущем СТЭ и недарвиновские концепции эволюции, дополняя друг друга, объединятся в новую единую теорию жизни и развития живой природы.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Афанасьев В.Г.* Мир живого: системность, эволюция и управление. М., 1986.
2. *Воронцов Н.Н.* Теория эволюции: Истоки, постулаты и проблемы. М., 1984.
3. *Дарвинизм:* история и современность. Л., 1988.
4. *Дубинин Н.П.* Очерки о генетике. М., 1985.

5. *Захаров В.Б., Мамонтов С.Г., Сивоглазов В.И.* Биология: общие закономерности. М., 1996.
6. *Кивенко Н.В.* Принципы познания живого. Киев, 1991.
7. *Крисаченко В.С.* Философский анализ эволюционизма. Киев, 1990.
8. *Рьюз М.* Философия биологии. М., 1997.
9. *Северцов А.С.* Основы теории эволюции. М., 1987.
10. *Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В.* Краткий очерк теории эволюции. М., 1969.
11. *Шмальгаузен И.И.* Вопросы дарвинизма. М., 1990.
12. *Югай Г.А.* Общая теория жизни. М., 1985.
13. *Яблоков А.В., Юсуфов А.Г.* Эволюционное учение. М., 1998.

Глава 12
Человек как предмет естествознания

12.1. Концепции происхождения человека

Вопрос о собственном происхождении постоянно привлекал к себе внимание людей, поскольку для человека познание самого себя не менее важно, чем познание окружающего мира. Попытки понять и объяснить свое происхождение предпринимались философами, теологами, учеными — представителями естественных (антропология, биология, физиология), гуманитарных (история, психология, социология) и технических (кибернетика, бионика, генная инженерия) наук. В связи с этим существует довольно большое количество концепций, объясняющих природу и сущность человека. Большинство из них рассматривает человека как сложную целостную систему, объединяющую в себе биологические и социальные компоненты.

Центральное место в комплексе естественно-научных дисциплин, изучающих человека, занимает *антропология* — общее учение о происхождении и эволюции человека, образовании человеческих рас и вариациях физического' строения человека. Современная антропология рассматривает антропогенез — процесс происхождения человека — как продолжение биогенеза. Основными вопросами антропологии являются вопросы о месте и времени появления человека, основных этапах его эволюции, движущих силах и детерминирующих факторах развития, соотношении антропогенеза и со-циогенеза. По мере становления и развития антропологической науки на все эти вопросы пытались дать ответы пять основных концепций антропогенеза:

1) креационистская концепция — человек сотворен Богом или мировым разумом;

2) биологическая концепция — человек произошел от общих с обезьянами предков путем накопления биологических изменений;

3) трудовая концепция — в появлении человека решающую роль сыграл труд, превративший обезьяноподобных предков в людей;

4) мутационная концепция — приматы превратились в человека вследствие мутаций и иных аномалий в природе;

5) космическая концепция — человек как потомок или творение инопланетян, в силу каких-то причин попавших на Землю.

Креационистская концепция

Первоначальные представления о происхождении человека в результате сотворения Богом или Мировым Разумом нашли свое отражение в древних мифах. Позже появились различные версии религиозного характера. В зависимости от уровня развития религии можно выделить несколько вариантов ответов на этот вопрос.

Так, у *бесписьменных народов,* обычно обладающих развитыми тотемистическими мифами, рассказывается о том, как тотемный предок (им обычно является какое-то животное или реже — растение либо неодушевленный предмет) превратился в первого человека и дал начало их роду. Например, у австралийцев, считающих себя потомками ящерицы, говорится, как их тотемный предок пришел с севера и нашел там самозародившиеся беспомощные человеческие зародыши со склеенными пальцами и зубами, закрытыми ушами и глазами. Он каменным ножом отделил эти зародыши друг от друга, открыл им глаза и уши, научил добывать огонь, готовить пищу, дал им оружие, обряды и обычаи.

В *языческих религиях,* которые основаны на вере во множество богов, олицетворяющих силы природы, человек считается творением этих богов. Так, древние шумеры считали, что первые люди были созданы богами из глины, чтобы те служили им. Иногда люди могли быть прямыми потомками богов. Так, древние греки возводили родословную многих своих героев к олимпийским богам, чаще всего к Зевсу и низшим женским богосуществам (наядам, дриадам и т.д.).

В *монотеистических религиях,* таких, как христианство или ислам, существует лишь единый Бог, который считается творцом мира и человека.

Так, в Библии, священной книге христиан, рассказывается, что на шестой день творения Бог сотворил человека по своему образу и подобию, чтобы тот владел всей Землей. Он сделал Адама из праха земного и вдохнул в него дыхание жизни. Затем из ребра Адама он создал Еву.

Коран повествует о том, как Аллах создал человека из эссенции глины, превратил ее в каплю, создал из нее сгусток крови, затем кусок мяса и кости, после этого он облек кости мясом и вырастил человека в другом творении. Независимо от конкретной версии (христианство, иудаизм, ислам и др.) сущность религиозного ответа на вопрос о происхождении человека остается единой: человек есть творение Бога, а конкретные процессы, сопровождавшие и составляющие божественный акт творения, — тайна. Подобные утверждения могут являться лишь предметом веры, но не научного доказательства.

Креационизм как концепция антропогенеза оставлял нерешенным множество вопросов. Некоторые ставшие известными факты не укладывались в религиозную картину мира, в частности обнаружение останков существ, имеющих сходство с человеком, но не являющихся людьми. Кроме того, были найдены древнейшие каменные орудия труда, изготовленные тогда, когда с точки зрения священных книг человека еще не было, так что оказалось неясно, кто их создал. И, наконец, создание теории эволюции поставило вопрос о правомерности утверждения о том, что человек не должен подчиняться общим закономерностям развития живой природы.

Поэтому с момента возникновения науки ученые и философы начали искать иные объяснения происхождению человека. И далеко не все из них согласны с эволюционной теорией. Так, Аристотель говорил о целевых причинах, заложенных во все предметы и явления мира, в том числе и в живые организмы. Наличие таких изначально заложенных целей заставляет их развиваться и усложняться. В ходе этого процесса и появился человек.

В Новое время появилась идея о Мировом Разуме, вызвавшем появление человека. В наши дни такая точка зрения получила некоторые основания для своего существования. Ученый Ж. Моно подсчитал, что появление генома человека, сложность которого оценивается числом 10^{1000}, требовало бы в эволюции живого случайного перебора вариантов, равного 10^{900} на одну особь. Такие числа просто не реальны, поэтому Моно заявил об уникальности как жизни, так и человека, об их возникновении вопреки ходу природы. Концепция номогенеза, о которой мы говорили выше, тоже подчеркивает целенаправленность как изначальное свойство жизни. Берг, автор концепции номогенеза, считал, что появление человека было предопределено этой целесообразностью. Поэтому довольно большая часть людей в мире продолжает придерживаться креационистской точки зрения на происхождение человека, хотя как научная концепция она сегодня не пользуется популярностью.

Космическая концепция

На основе анализа исторических документов и изучения необычных природных объектов выдвигается тезис о возможном посещении Земли представителями внеземных цивилизаций (палеови-зит). Сторонники космической концепции исходят из того, что появление человека на Земле — результат вмешательства инопланетян. Это могло быть или осуществлением заранее намеченной цели — распространение разума на подходящих планетах, или результатом несчастного случая — аварии космического корабля инопланетян,

заставившей их остаться на Земле, и их последующего одичания. Предполагается, что «космические пришельцы» способствовали созданию как мужской, так и женской особей и тем самым дали толчок становлению и развитию человечества.

По степени доказательности данная точка зрения ближе всего стоит к концепции креационизма. Возникла она в 60-е гг. XX в. под влиянием успехов космонавтики и растущей популярности научно-фантастической литературы. Наиболее подробно космическая концепция была изложена Э. фон Дэникеном в книге «Воспоминания о будущем». По его мнению, несколько миллионов лет назад посланцы внеземной цивилизации посетили нашу планету и, руководствуясь своими целями, внесли изменения в генетический аппарат гоминид, вызвав таким образом появление человека. Позже они еще несколько раз посещали нашу планету, чтобы проконтролировать и помочь своим питомцам. Для доказательства этой точки зрения в книге приводится множество свидетельств палеоконтактов.

Эти идеи пользуются большой популярностью у авторов научно-фантастического жанра. Но, к сожалению, аргументы, используемые для доказательства космической концепции, очень зыбки и легко опровергаемы, поэтому серьезных доказательств в пользу данной концепции нет.

Биологическая концепция

Предпосылки к формированию биологической концепции появились в эпоху Великих географических открытий, сделавших доступными для наблюдений и исследований практически весь мир. Начиная с XV в., европейцы узнали о существовании множества разных стран и народов, совсем не похожих на них, имевших совершенно другие традиции и обычаи. Многие из этих народов находились на уровне каменного века. Вначале господствовало убеждение, что народы отличаются по уровню своего развития, потому что такими их создал Бог.

Но с начала XIX в. в естествознание начинает проникать идея всеобщей связи и развития, которая в антропологии трансформировалась в представление о том, что народы могут находиться на разных ступенях общественного прогресса. Основная заслуга в этом принадлежит Э. Тайлору, который в середине XIX в. разработал основные положения классического эволюционизма — теории, утверждающей единство человеческого рода, развивающегося по единым законам. Тогда же были высказаны предположения о том, что разные народы движутся по ступеням общественного развития с разной скоростью, но путь, который им предстоит пройти, у всех один. Так в науке была сформулирована принципиальная возмож-

ность изучения древней истории современных народов через исследование сохранившихся бесписьменных народов.

Параллельно с этими исследованиями появились и первые научные представления о происхождении человека как закономерном результате эволюции животного мира Земли. Подтверждениями длительного эволюционного развития человека, свидетельством того, что он далеко не всегда был цивилизованным, стали находки каменных орудий труда, созданных первобытными людьми. Впервые эти идеи были высказаны К. Линнеем, который в своей «Системе природы» отнес человека к животному миру и отвел ему место рядом с человекообразными обезьянами. Во второй половине XVIII в. естествоиспытатели Ж. Бюффон и П. Кампер показали глубокое сходство в строении основных органов человека и животных, прежде всего высших обезьян, заложив таким образом основы научной приматологии. Это позволило поставить на новый, более высокий уровень вопрос о границах между человеком и высшими приматами.

В первой половине XIX в. ученые накопили материал, достаточный для разработки научной теории антропосоциогенеза. Среди сделанных открытий особое место занимают исследования французского археолога Буше де Перта, который собрал множество каменных орудий труда, принадлежавших первобытному человеку. Его открытия отодвинули время появления человека с библейских шести тысяч лет далеко в прошлое. Несмотря на развернутую консервативными кругами обструкцию этих открытий, в середине XIX в. они были признаны, а археологи стали использовать термины «палеолит» и «неолит».

К этому времени в науке сложились теоретические предпосылки появления теории антропосоциогенеза. В частности, этому способствовало проникновение идей эволюционизма в биологию. Но, признавая эволюцию органического мира, даже самые смелые естествоиспытатели не решались поставить человека в один ряд с животными и растениями. Так, Ламарк, автор первой эволюционной концепции, опубликованной в 1809 г., высказал предположение о возможном происхождении человека от шимпанзе, но не счел возможным развить его дальше. Он предпочел ограничиться замечанием, что человек происходит не только от животных.

Семиальная концепция антропогенеза. Решающий, подлинно революционный шаг был сделан Ч. Дарвином, который в 1871 г. опубликовал свою книгу «Происхождение человека и половой отбор». В ней на громадном фактическом материале Дарвин обосновал два очень важных положения:

- человек произошел от животных предков;
- человек состоит в родстве с современными человекообразными обезьянами, которые вместе с человеком произошли от более древней исходной формы.

Так возникла *симиальная (обезьянья) концепция антропогенеза,* согласно которой человек и современные антропоиды произошли от общего предка, жившего в отдаленную геологическую эпоху и представлявшего собой ископаемое африканское обезьяноподобное существо. С этого момента место божественного творения в науке заняла эволюция живой природы, протекающая на основе наследственной изменчивости, естественного отбора и борьбы за существование.

Книга Дарвина вызвала широкий резонанс, на нее обрушилась критика со стороны церкви и консервативно настроенных ученых. Но его идеи проникли в науку и заняли в ней господствующее место, утвердив материалистический взгляд на проблему происхождения человека.

В последарвиновский период развития биологии его взгляды были подтверждены многочисленными открытиями, прежде всего, в области палеонтологии. Так, сам Дарвин делал выводы о родстве человека и высших обезьян только на основании косвенных выводов, исходя из сходства строения современного человека и современных антропоидов. Палеонтологам удалось найти некоторые промежуточные формы между современным человеком и обезьяноподобными предками (питекантропы, синантропы, неандертальцы и, наконец, ископаемые люди современного типа — кроманьонцы).

Во второй половине XX в. с помощью биохимии, физиологии, иммунологии и генетики удалось получить и другие доказательства, подтверждающие родство человека с животным миром нашей планеты. Прямым доказательством родства человека и обезьян стали останки ископаемых существ — как общих предков человека и человекообразных обезьян, так и промежуточных форм между обезьяньим предком и современным человеком. Первые открытия такого рода произошли в 1924 г. в Южной Африке, а затем в 1959 г. — в Восточной Африке. Современные антропоиды, к которым относятся ныне существующие человекообразные обезьяны: шимпанзе, горилла, орангутанг и гиббон — представляют собой боковые ветви «родственников» человека, они тоже произошли от вымерших обезьян. Из современных приматов ближе всего к человеку стоит шимпанзе.

Согласно последним палеонтологическим данным процесс формирования современного человека начался, когда от примитивной группы древних насекомоядных млекопитающих около 35 млн. лет назад обособилась группа животных, давшая впоследствии начало приматам. Из ныне живущих форм к ним наиболее близки тупайи — низшие из современных приматов. От предков современных тупай отделилась ветвь, давшая предков современных человекообразных обезьян — *парапитеков* (небольших животных, ведших

древесный образ жизни и питавшихся растениями и насекомыми). Их челюсти и зубы были подобны челюстям и зубам человекообразных обезьян. В дальнейшем парапитеки дали начало современным гиббонам и орангутангам, а также вымершей ветви древнейших обезьян — *дриопитекам,* которые появились 17—18 млн. лет назад и вымерли около 8 млн. лет назад.

Антропологи предполагают, что популяции дриопитеков расселились по разным местам обитания: предковые формы современных человекообразных обезьян — в дождевые тропические леса, где они передвигались, главным образом, цепляясь руками за ветки и раскачиваясь, а другие — на открытые пространства, где они были вынуждены вставать на задние конечности, чтобы лучше рассмотреть местность. Со временем, попав под влияние естественного отбора, такое положение из случайного, вынужденного перешло в необходимое. За более чем 10 млн. лет обитания в тропических лесах у дриопитеков сформировались передние конечности, приспособленные к добыванию пищи, большой головной мозг с высоким развитием двигательных отделов, бинокулярное зрение и др.

В результате того, что 7—8 млн. лет назад климат в Южной Африке стал суше и холоднее, дриопитеки вынуждены были перейти к наземному образу жизни. В отличие от узконосых обезьян, передвигавшихся по земле на четырех конечностях, дриопитеки освоили прямохождение и дали начало австралопитекам (буквально «южным обезьянам», поскольку их останки найдены в Южной Африке).

Итак, появление высших обезьян, давших начало обезьяньим предкам человека, произошло около 20 млн. лет назад. Судя по всему, в то время существовало около 20 родов и 30 видов антропоидов. Большинство из них вымерло, а переход к человеку осуществил лишь один вид. Древнейший предок человека и высших обезьян, известный науке, — *рамапитек* — жил на территории от Индии до Африки примерно 14 млн. лет назад. Около 10 млн. лет назад от него отделился предок орангутанга — сивапитек. Он остался в Азии, где и сейчас живут его потомки. А общий предок гориллы, шимпанзе и человека, по-видимому, укоренился на Африканском континенте. Там же найдены останки *австралопитека,* возраст древнейших из них оценивается в 5,5 млн. лет. Появление австралопитека стало первой стадией эволюции человека.

Антропологи считают, что австралопитеки занимали промежуточное положение между современными человекообразными обезьянами и человеком. Их мнение основывается на том, что общая масса австралопитека не превышала 50 кг, а средняя масса головного мозга — 500 г. Выжить в борьбе с более мощными хищниками австралопитекам помогали стадный образ жизни, использование в качестве орудий труда естественных предметов (камней, палок, кос-

тей), сочетание растительной пищи с животной, которая постепенно в их рационе становилась основной. Исходя из этих особенностей их жизни, австралопитеков называют обезьянолюдьми, и в качестве таковых они выделились около 5 млн. лет назад.

Около 2 млн. лет назад среди австралопитеков появился зинджантроп — *человек умелый,* который обладал такими признаками, как прямохождение, заметная развитость кистей рук, а также умением применять и изготавливать каменные орудия труда. У людей этого вида объем мозга достигал 650 $см^3$. Они применяли при добывании пищи грубо обработанные камни, сооружали простейшие жилища, но еще не умели пользоваться огнем. Тем не менее эти преимущества позволяли древнейшим людям вытеснять более примитивных австралопитеков, охотиться на них и даже поедать.

Примерно 1,5 млн. лет назад на смену человеку умелому пришел *человек прямоходящий* (Homo erectus), который расселился довольно широко на планете. Местами его обитания стали Африка, Средиземноморье, Южная, Центральная и Юго-Восточная Азия. Масса мозга человека прямоходящего составляла примерно 750 г, что, по современным данным, является критерием отделения человекообразных обезьян от людей и появления зачатков речи.

Стадиальная концепция антропогенеза. Дальнейшее развитие человека являло собой ряд последовательно сменявших друг друга типов, отличавшихся специфичными морфологическими чертами, уровнем материальной культуры, особенностями поведения, сознания, речи и т.д. Оно описывается *стадиальной концепцией.*

В разработку стадиальной концепции большой вклад внесли российские антропологи, выделившие ч е т ы р е стадии антропогенеза:

1) австралопитеки — предшественники человека;

2) прогрессивные австралопитеки, архантропы, среди которых были питекантропы, синантропы и т.д. — древнейшие люди;

3) палеоантропы (неандертальцы) — древние люди;

4) неоантропы (кроманьонцы) — ископаемые люди современного анатомического типа.

Считается, что *древнейшие люди* появились около 1 млн. лет назад. Их было несколько типов — питекантропы, синантропы, гейдельбергский человек (названия даны по месту находок их останков). Они занимались охотой, использовали каменные ножи и жили в пещерах. Масса мозга древнейших людей составляла 800—1000 г, а рост — 170 см. Люди этого типа ходили прямо, не опираясь руками о землю. Вероятно, они умели искусственно получать огонь для приготовления пищи и обогрева.

В 1856 г. в долине реки Неандерталь (около современного Дюссельдорфа) были найдены останки людей, названных *неандерталь-*

цами. По мнению палеонтологов, люди этого типа появились около 200 тыс. лет назад и по своим физическим и умственным данным представляли весьма неоднородную группу. Они обладали зачатками членораздельной речи, имели рост от 155 до 165 см и массу мозга до 1500 г. Неандертальцы изготовляли одежду из шкур животных, жили в пещерах или строили жилища. Около 40—50 тыс. лет назад от более развитых неандертальцев появился *человек разумный,* длительное время сосуществовавший с ними. Однако неандертальцы оказались тупиковой ветвью в эволюции человека, поскольку примерно 28 тыс. лет назад были вытеснены первыми современными людьми — *кроманьонцами.*

Кости ископаемых людей современного типа, названных кроманьонцами, впервые были найдены в 1868 г. в пещере Кроманьон во Франции. Их рост достигал 180 см, а объем черепа — 1590 $см^3$. Современных людей и кроманьонцев относят к одному виду — *человеку разумному.* Обычно считается, что кроманьонцы жили 30—40 тыс. лет назад, но сейчас появляется все больше оснований считать, что они могли жить и на 40 тыс. лет раньше, т.е. возраст современного вида человека удваивается.

Хорошо развитый мозг, общественный характер труда привели к резкому уменьшению зависимости кроманьонца от внешней среды, к появлению абстрактного мышления и попыткам отражения окружающей действительности в художественных образах. Так появились зачатки искусства (наскальные рисунки, резьба по дереву и кости) и первичные формы религии. После этого эволюция человека вышла из-под определяющего влияния биологических факторов и приобрела социальный характер.

Трудовая концепция

Если симиальная концепция отвечает на вопрос о том, кто был предшественником человека, от кого он произошел, то на вопрос о причинах превращения обезьяноподобных предков в человека пытается дать трудовая концепция, суть которой изложена в работе Ф. Энгельса «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека». По словам Энгельса, труд создал человека.

Переломный момент в процессе перехода от обезьяны к человеку был связан с формированием условий, при которых человек мог начать трудиться, развивая при этом свои руки и мозг. Важнейшими шагами в ходе эволюции человека стали прямохождение, а также развитие руки и мозга[1]. Они вызвали перестройку телесной организации ископаемого предка, привели к его очеловечиванию.

[1] В силу важности этих свойств их называют гоминидной триадой.

Переход к прямохождению был обусловлен сменой древесного образа жизни на наземный в связи с наступлением ледникового периода. Очевидно, что гоминидные предки человека не ушли к экватору, а стали приспосабливаться к новым суровым условиям. При этом предки австралопитеков передвигались по земле в полувертикальном положении, что освобождало их верхние конечности для защиты и охоты.

Поскольку перемещение на двух конечностях сложнее, чем на четырех, и требует быстрого ориентирования, координации тела и работы конечностей, это, в свою очередь, повлекло изменение анатомического строения мозга. Средний объем мозга австралопитека составлял 552 $см^3$, т.е. был таким же, как у современных человекообразных обезьян, но по сложности значительно превосходил их.

Прямохождение высвобождало передние конечности и создавало предпосылки для превращения их в руку — орган трудовой деятельности. Кроме того, изменение положения головы и глаз привело к возрастанию воспринимаемой зрительной информации, что создавало предпосылки для совершенствования форм восприятия действительности в конкретных образах. Эти преимущества обеспечили победу обезьянолюдей в борьбе за существование и позволили им 1,5—2 млн. лет назад широко расселиться по территории Африки, Средиземноморья и Азии.

Эволюция австралопитека протекала в сложных условиях. Спустившись на землю, они не могли быстро бегать, у них не было острых когтей и зубов, а малая плодовитость могла привести к вымиранию всего вида. Поэтому естественный отбор шел в направлении закрепления тех качеств, которые помогали приспособиться к новым условиям жизни. Так, совершенствовалось прямохождение, устойчивость тела и, конечно, развивались верхние конечности. Вначале рука была слабо развита и могла осуществлять лишь самые простые действия. Постепенно в ходе естественного отбора древнейший человек с помощью рук научился использовать камни и дубины, а также кости и зубы убитых животных для защиты и нападения, выкапывания корней и клубней, сдирания шкур со своей добычи и т.д.

Поначалу наши предки применяли названные предметы в качестве орудий труда и оружия необработанными. Но при многократном использовании на камнях и костях могли образоваться сколы, оставляя режущую поверхность, после чего их можно было использовать более эффективно. Поэтому австралопитеки начали обрабатывать орудия труда, сначала спорадически, а затем — постоянно.

Так человеческие предки стали не просто использовать, но и производить орудия труда. В свою очередь, труд обусловил зарождение и развитие социальных отношений, сознания, мышления,

языка, т.е. окончательно превратил животное в человека. С этого момента можно говорить о величайшем качественном скачке в развитии органического мира, приведшем к появлению человека. Он стал единственным существом на Земле, способным к сознательной целенаправленной деятельности по преобразованию окружающего мира.

Накапливавшийся жизненный опыт в познании природы совершенствовался от поколения к поколению. При этом прежде существовавшие инстинкты — генетически заложенные программы поведения в определенных ситуациях — постепенно отмирали. Поэтому возникла настоятельная необходимость в ином, небиологическом способе хранения и передачи информации, способствующей выживанию вида. Так появилась символическая деятельность — речь, связанная со способностью замещать природные процессы и явления их образами и символами. Это, в свою очередь, повлекло за собой дальнейшее развитие мозга, процесса мышления, легло в основу абстрактного мышления, присущего только человеку.

Однако не следует считать, что с появлением зачаточных форм труда человек перестал подчиняться биологическим факторам эволюции — изменчивости, наследственности и естественному отбору. Еще долго они оставались ведущими в эволюции человека, лишь постепенно уступая свое место социальным факторам — трудовой деятельности, общественному образу жизни, речи и мышлению. Их черед настал лишь после появления человека современного вида, которое произошло совсем недавно — около 40 тыс. лет назад.

Мутационная концепция

Человек выделился из окружающего мира благодаря появлению способности к труду, к сознательной деятельности. Как считает современная наука, возникновение таких необычных способностей у предчеловека должно было опираться на какие-то биологические предпосылки, создавшие возможность качественного скачка. На этой основе возникли предположения о роли полезных мутаций в наследственном аппарате предчеловека, впоследствии закрепленных биологической и социальной эволюцией. Причины появления мутаций такого рода могли быть самыми разными. Рассмотрим наиболее вероятные из них.

Одной из возможных причин могло быть *влияние ближнего космоса и солнечной активности.* Воздействие ближнего космоса шло по двум направлениям: через изменение среды обитания древних обезьян, прежде всего, ландшафта и климата, и через трансформацию самой жизни, проявлявшуюся через мутации, естественный отбор и борьбу за существование. Влияние солнечной активности на земные процессы и явления было доказано российским ученым

А.Л. Чижевским в 30-е гг. XX в. Современная наука согласна с ним в том, что периодические колебания магнитного поля Солнца влияют на нервную систему и сердечную деятельность и в прошлом могли привести к мутациям у древних обезьян.

В качестве еще одной причины мутаций ученые называют *периодическую смену магнитных полюсов Земли.* На протяжении последних четырех миллионов лет Северный и Южный магнитные полюса менялись четырежды. Но в период смены полюсов магнитосфера Земли, защищающая биосферу от космических лучей, намного ослабевает. Это приводит к увеличению ионизирующей радиации на 60% и в два раза увеличивает частоту мутаций в зародышевых клетках гоминид. Автор этой гипотезы, отечественный антрополог Г.Н. Матюшкин, выявил совпадение датировки многочисленных находок останков гоминид в Африке с периодами смены полярности геомагнитного поля.

Дополнительным фактором, вызвавшим появление непосредственных предков человека, стала *геологическая активность Земли и радиация снизу.* Так, в Восточной Африке, признанном месте появления человека, около 20 млн. лет назад образовались трещины в земной коре, в результате чего на поверхности обнажились залежи урановых руд. Этот естественный атомный реактор, появившийся миллионы лет назад, существует и в наши дни. Он интенсивно влиял на приматов, которые жили в пещерах, расположенных вблизи от него, вызывая мутации разного рода. Кроме повышенной радиации в Восточной Африке наблюдалась *интенсивная вулканическая деятельность,* часто случались землетрясения. При этом на поверхность Земли всегда выбрасывается огромное количество веществ, являющихся мутагенами. Все это также создавало условия как для повышения частоты мутаций, так и для более активного естественного отбора.

В 1960-е гг. ученым удалось выяснить, что источником генетических мутаций может быть не только радиация, но и *стресс,* запредельные нервные нагрузки. Стресс — это острая гормональная реакция организма на ситуацию резкого расхождения между нужным результатом и наличными условиями. При этом возникают резко отрицательные эмоции, вспышки страха, гнева и т.д. По мнению антропологов и палеопсихологов, в ситуации резкого изменения климата, вызвавшего сокращение жизненных ресурсов, стресс вызывался частым голодом. Результатом было расшатывание иммунной системы и наследственного аппарата.

Но естественная радиация и другие мутагенные факторы могли быть только спусковым крючком начавшегося процесса превращения обезьяны в человека. Считается, что при этом наблюдался синдром Бьюси—Клювера, приведший к кризису чисто животного спо-

соба существования. Он проявлялся в том, что радиация повреждала некоторые участки мозга — миндалевидное ядро, поясную извилину или мозговой свод. Это приводило к огрублению и сокращению хватательных функций задних конечностей, которые отныне должны были служить лишь средством передвижения по земле. Кроме того, у высших приматов начинали размываться половые циклы, и появлялась способность к деторождению в течение всего года. Власть инстинктов ослабевала, вместо них формировались символические способы хранения и передачи необходимой для выживания информации, поэтому правила жизни начали преобразовываться.

Влияние радиации на изменчивость организма несомненно. Любая доза радиации может вызвать изменения в наследственном аппарате и привести к рождению детей, сильно отклоняющихся от нормы. Родителям такие дети могут казаться уродами. Тем не менее, они могут быть способны к дальнейшему воспроизводству, при котором появившиеся у них изменения будут сохранены.

Так, скорее всего, и обстояло дело с человеческими предками. Произошедшие мутации сократили число хромосом. Известно, что у низших обезьян число хромосом колеблется от 54 до 78, а у высших — их 48. Число хромосом у человека равно 46, т.е. у человека всегда на две хромосомы меньше, чем у высших обезьян. Поэтому итальянский генетик Б. Кларелли высказал гипотезу о слиянии у далекого предка двух пар хромосом, в результате чего их число сократилось, при этом укрепились те хромосомы, которые отвечали за развитие мозга и нервной системы. Это предположение косвенно подтверждается тем, что в соматических клетках некоторых людей встречается аномальный набор хромосом (XXY — у женщин и XYY — у мужчин). Он обычно сопровождается умственной отсталостью и повышенной агрессивностью. Появление лишней хромосомы считают генетическим атавизмом.

Таким образом, с точки зрения данной концепции, человек — это обезьяний урод. Поэтому высшие обезьяны имеют высокое морфологическое и биохимическое сходство с человеком — состав белков крови и тканей, а также структура ДНК не совпадают лишь на 1%.

Мутанта, ставшего предком человека, в обычных условиях ждала неминуемая гибель. Но он сумел этого избежать, поскольку стал использовать искусственные орудия труда, жить в обществе, творить культуру. Иными словами, он стал человеком.

Итак, современная наука активно развивает биологическую, трудовую и мутационную концепции антропогенеза. Сегодня антропогенез рассматривается как продолжение биогенеза, поэтому

антропология изучает абиотические, биотические и социальные факторы возникновения человека. *Абиотические* предпосылки антропогенеза — геологические процессы, географические и физико-химические факторы. *Биотические* предпосылки включают в себя мутации, волны численности, изоляцию, естественный отбор и другие факторы микро- и макроэволюции, в результате которых формируются новые виды животных, возникли древние обезьяны, а от них произошли люди.

Современная антропология основывается на многочисленных археологических и палеонтологических данных, но общая картина все же остается неполной, поскольку многие промежуточные звенья между человеком и древними обезьянами пока не обнаружены. Сложности возникают еще и потому, что сам процесс антропогенеза не носил линейного характера. Эволюция не только человека, но и всего живого осуществлялась путем постоянной генерации боковых ответвлений, многие из которых почти сразу же исчезают, другие отходили в сторону от основного направления, и только одна линия в конце концов привела к появлению человека разумного. Графически процесс антропогенеза можно представить в виде дерева со множеством ветвей; некоторые из них давно мертвы, другие до сих пор живы. Несомненно, что в будущем естественно-научные представления об антропогенезе будут не только пополняться, но и, возможно, существенно меняться.

12.2. Сходство и отличия человека и животных

Появление жизни на Земле — это грандиозный скачок в эволюции Вселенной. Жизнь, появившаяся на нашей планете в форме примитивной биосферы, поступательно развивалась и скачкообразно переходила в качественно новые состояния, характеризующиеся образованием все более сложных и упорядоченных форм живого вещества. В истории биосферы бывали зигзаги, временные остановки прогрессивного развития, но они никогда не переходили в стадию деградации, поворота движения вспять. Достаточно взглянуть на перечень важнейших вех в истории биосферы, чтобы убедиться в этом.

После первой глобальной бифуркации в истории биосферы, каковой явилось само зарождение жизни, возникли простейшие прокариоты. Затем настал черед значительно более высокоорганизованных эукариотов, в том числе аэробных организмов. Их появление было связано с большим локальным снижением энтропии, но ценой этому стало уменьшение стабильности отдельного организма и появление индивидуальной смертности, закодированной в гене-

тическом аппарате, которая отсутствовала ранее. Это стало еще одной точкой бифуркации в развитии биосферы Земли, равно как и появление гетеротрофных организмов, обладающих способностью к максимальному усвоению энергии, что привело к увеличению эффективности в использовании внешней энергии и материи, а также резко интенсифицировало естественный отбор. Следующими точками бифуркации стали:

1) появление многоклеточных организмов и функциональная дифференциация клеток внутри организмов;

2) появление организмов с твердыми скелетами, открывших путь к образованию высших животных;

3) возникновение у высших животных развитой нервной систе мы и формирование мозга как центра сбора, переработки, хранения информации и управления на ее основе функционированием и по ведением организмов.

Появление разума стало второй фундаментальной бифуркацией в истории биосферы. После этого проявилась способность материи познавать себя, что стало возможным с рождением человека и человечества. Таким образом, человек своими корнями прочно уходит в биосферу Земли, являясь одним из ее многочисленных естественных созданий. Об этом говорит множество фактов, открытых наукой как в прошлом, так и сравнительно недавно.

Сходство человека с животными

Подтверждением родства человека и животных являются следующие факты.

1. Для человека и животных характерны одинаковые вещественный состав, строение и поведение. Человек состоит из тех же белков и нуклеиновых кислот, что и животные, многие структуры и функции нашего организма аналогичны структуре и функциям животных. Чем выше на эволюционной шкале стоит животное, тем больше его сходство с человеком. В последнее время наукой разработан метод определения эволюционного родства организмов путем сравнения их хромосом и белков. Белки синтезируются на основе наследственной информации, заключенной в генах. Родство между видами тем больше, чем больше сходство между белками. Сравнительный анализ показал, что белки человека и шимпанзе сходны на 99%.

2. Человеческий зародыш проходит в своем развитии те же стадии, которые прошла эволюция живого, поэтому на разных стадиях эмбриогенеза у него появляются жабры, хвост и т.д. Это так называемый биогенетический закон.

3. О родстве человека с животными свидетельствует также наличие у человека атавизмов и рудиментарных органов. Атавизмы —

появление у отдельных организмов данного вида признаков, которые существовали у отдаленных предков, но были утрачены в процессе эволюции. Атавистические признаки, встречающиеся иногда у человека (наружный хвост, обильный волосяной покров на лице, сильно развитые клыки и др.), свидетельствуют о том, что гены, ответственные за данный признак, в процессе эволюции сохраняются в генофонде.

Рудименты — недоразвитые органы, практически утратившие в процессе эволюции свои функции по сравнению с аналогичными органами предковых форм. Ранее эти органы выполняли важные функции у животных, но человеку они не нужны, хотя и сохранились. В отличие от атавизмов, рудименты встречаются практически у всех особей данного вида. Так, некоторые люди умеют шевелить ушами, хотя никакого практического эффекта это умение человеку не дает, а для животных — это один из факторов, способствующих лучшему восприятию звуков, что важно в борьбе за существование. В организме современного человека насчитывается около 90 рудиментов.

4. Данные генетики также подтверждают преемственность между низкоорганизованными и высокоорганизованными формами жизни. Так, установлено, что в генотипе человека примерно 95% генов унаследовано от наших обезьяноподобных предков, 60—70% генов принадлежат примитивным насекомоядным млекопитающим, послужившим исходной группой для эволюции всех приматов. В генотипе человека также есть гены, унаследованные через длинный ряд промежуточных форм от рыбообразных предков, и т.п.

Перечисленные выше доказательства родства человека с животным миром нашей планеты считаются достаточными для того, чтобы перестать обсуждать вопрос об инопланетянах — предках человека или каких-то иных возможностях появления разума на Земле.

Таким образом, основные черты строения и эмбрионального развития человека четко определяют его как вид «человек разумный» в типе хордовых, подтипе позвоночных, классе млекопитающих, отряде приматов, подотряде человекообразных обезьян.

Фундаментальные отличия человека от животных

Отличия человека от животных также носят фундаментальный характер.

Способность к понятийному мышлению. В отличие от человека, даже высшие животные не обладают *способностью к понятийному мышлению,* т.е. к формированию отвлеченных, абстрактных представлений о предметах, в которых обобщены основные свойства конкретных вещей. Мышление животных, если о таковом вообще

можно говорить, всегда конкретно, а мышление человека может быть абстрактным, отвлеченным, обобщающим, понятийным, логическим. Поэтому, хотя многие животные могут совершать очень сложные действия (например, пчелы строят соты, бобры — плотины и т.д.), в их основе лежат генетически заложенные программы поведения — инстинкты. И только человек вначале составляет план действий, а потом претворяет его в жизнь, так как никаких наследственных программ поведения он не имеет. Человек сознает, что он делает, и понимает мир.

Поэтому важной стороной антропосоциогенеза является развитие сознания — высшей формы отражения мира. Именно сознание позволяет человеку познавать окружающий мир, переживать свое отношение к этому миру, регулировать свою деятельность. В сознании человека складывается картина мира, состоящая из понятий и образов. Так происходит удвоение мира, и появляется идеальный мир, замещающий реальный мир в нашем сознании. Он позволяет человеку планировать свои действия, а также рассуждать и строить умозаключения. Стержнем, благодаря которому формируется идеальный мир нашего сознания, является мышление.

Сознание складывается на базе высокоразвитой психики высших приматов. Это стало возможным после структурных изменений в мозге, развития трудовой деятельности и социальных отношений, в свою очередь, вызвавших развитие коммуникативной деятельности — языка. Без развития сознания было бы невозможно выделить и передать другим особям те свойства предметов, которые необходимы для производства из них орудий труда. Они выявляются при взаимодействии предметов, в ходе которого только и можно создать орудие труда. Так, ударяя камнем о камень, наши предки получали результат, отличный от удара камнем о дерево. Сравнивая их между собой, можно было выявить объективные свойства предметов, а также объективные связи между ними. Животные к выявлению таких свойств предметов не способны, они выделяют лишь те свойства среды, которые определяются механизмом инстинктов. Поэтому фиксация объективных связей и свойств предметов представляет собой не что иное, как обобщение. Оно фиксируется в определенном знаке, после чего может передаваться другим членам коллектива и сохраняться в коллективной памяти.

Обобщение, фиксированное в знаке, представляет собой процесс познания мира в самом широком смысле. Ведь результатом познания является получение знаний, выраженных в системе знаков обобщенных элементов сознания, позволяющих различать вещи объективного мира. Однако человек не только познает мир, но и оценивает его с точки зрения значимости предметов и явлений мира для себя. Поэтому сознание — это еще и переживание действи-

тельности, связанное с эмоционально-волевой сферой, которая формируется на базе эмоциональной сферы гоминид.

На начальных этапах развития сознание первобытного человека было предметным, оно не могло происходить в отрыве от орудий труда. Необходимый опыт передавался в процессе коллективного подражания. Примитивные орудия труда изготавливались с помощью однотипных действий (например, скалывание заготовки отбойником), поэтому устойчивое идеальное целеполагание еще не было развито. Оно стало развиваться с переходом к многозвенному трудовому процессу, в ходе которого производились составные и специализированные орудия труда. При этом происходила интериоризация сознания, когда предметное действие человека уходит во внутренний план, а непосредственным носителем мысли становится язык. После этого предметно-действенное сознание сменяется мифологическим, отражающим мир в форме идеальных чувственных образов.

Речь. Второе фундаментальное отличие человека от животных — *речь.* У животных может быть очень развитой система общения с помощью сигналов (например, дельфины общаются с помощью звуков и ультразвуков, муравьи — с помощью запахов). Тем не менее общение между ними идет на основе первой сигнальной системы — через запахи, касания, видимые позы, мимику, жесты, слышимые звуковые сигналы. Но только у человека есть то, что И.П. Павлов назвал второй сигнальной системой, — общение с помощью слов. Этим человеческое общество отличается от других общественных животных. Таким образом, слово становится видовым признаком человека.

Скорее всего, речь появилась из звуков, произносимых при совместной охоте и других коллективных действиях. Такие звуковые сигналы хорошо распространялись на большие расстояния, были эффективны в темноте, в тумане, в лесу, в горах и пещерах. Кроме того, они могут быть дифференцированными и выражать широкий спектр эмоциональных состояний.

Вероятно, у человекообразных обезьян и первобытных людей в зачаточной форме сосуществовали два типа языка — первичный и вторичный. Первичный язык развивался на основе зрительно-двигательной коммуникации, он был языком жестов. Современные человекообразные обезьяны способны использовать его. Вторичный язык формировался на базе звуковой коммуникации, основу которой составляли эмоционально окрашенные крики обезьян и нейтральные шумы, не сопровождавшиеся видимым возбуждением.

Очевидно, австралопитеки преимущественно общались с помощью жестов, сопровождая их звуковыми восклицаниями. Но в некоторых ситуациях, когда по каким-либо причинам руки оказыва-

лись заняты, жестикуляция была невозможна. Кроме того, жесты как средство коммуникации были весьма неэффективны в ночное время, в условиях плохой видимости и т.д. Но главное, что жесты плохо подразделяются на составные элементы, из-за чего с их помощью трудно выражать сложные ситуации. Поэтому параллельно шло непрерывное совершенствование звуковой коммуникации. Если у человекообразных обезьян насчитывалось 20—30 сигналов, то у австралопитеков, вероятно, их было уже около сотни.

Собственно примитивная речь возникла уже у питекантропов, которые использовали слова для обозначения отдельных предметов и некоторых действий. Они были общими для всех людей одной группы. Считается, то вначале появились корни глаголов, называющие определенные виды деятельности, а затем другие части слова и речи. В речи питекантропов преобладали щелкающие и носовые звуки. У неандертальцев совершенствовалась артикуляция, формировалась простейшая грамматика и синтаксис, расширялась лексика. Если питекантропы использовали речь только в диалоге, то неандертальцы использовали монолог, сложные формы высказываний и сложные предложения.

Способность к труду. Третье важнейшее отличие человека от животных — *способность к труду.* Конечно, все животные что-то делают, а высшие животные, кроме того, способны к сложным видам деятельности. Обезьяны, например, используют палки как орудия для доставания плодов. Но только человек способен создавать орудия труда. Именно это отличие позволяет утверждать, что животные приспосабливаются к окружающей среде, а человек преобразует ее, что труд создал человека.

Возможно, причиной создания орудий труда человеческими предками была резко обедненная природная среда, в которой они оказались. Как показывают современные опыты с обезьянами, при небольшом количестве предметов они способны надолго концентрировать свое внимание. Предположительно, именно так гомини-дам удалось переключить свое внимание с интересующего их объекта на обрабатываемое орудие труда.

Скорее всего, первыми орудиями труда были кости и зубы убитых австралопитеками животных, а также камни и палки. Естественные сколы с острыми режущими краями, которые образовывались при ударе, делали орудия более эффективными в использовании, что подтолкнуло наших далеких предков самостоятельно производить соответствующую обработку орудий, вначале спорадически, а затем постоянно. Возраст древнейших каменных орудий труда оценивается в 2—3 млн. лет.

После этого эволюция человека сопровождалась совершенствованием техники обработки орудий труда. На каждой новой ступени предки современных людей отличались все более совершенным

строением тела, большим объемом и более развитой структурой мозга, более гибкой рукой. Постепенно нарабатывались стабильные приемы изготовления орудий. Их нужно было передавать другим людям, поэтому появилась необходимость в небиологической форме хранения и передачи информации.

Огромную роль в развитии человека сыграло овладение огнем. С помощью огня люди обрабатывали пищу, которая стала лучше усваиваться. Кроме того, огонь согревал их, позволял изготовить более совершенные орудия труда. Благодаря целенаправленному использованию огня человек сделал гигантский шаг вперед, уходя из-под абсолютной власти природы к сознательному контролю над своей жизнью.

Важнейшим занятием предков людей была стадная охота — коллективная деятельность, в ходе которой складывались орудийное, практическое отношение к природе, социальные отношения в первобытном стаде, что требовало развития высшего уровня психики — сознания. Также шло укрепление связей вокруг производства орудий труда, передачи социального опыта, развивалась сплоченность. Ведь и при производстве орудий труда, и при совместной охоте на крупных животных нужно было научиться организовывать и координировать свои действия. При этом заранее вырабатывалась стратегия поведения и коллективная организация для решения поставленной задачи. Параллельно с этим происходил процесс естественного разделения труда, который вначале шел по половозрастному признаку — мужчины охотились, женщины занимались собирательством, приготовлением пищи и воспитанием детей, старики делали орудия труда и обучали молодежь. Это привело к росту производительности труда, развитию примитивных отношений обмена.

Постепенно начинают регулироваться и брачные отношения. Долгое время в первобытных стадах существовала эндогамия, но со временем стали возникать первые ограничения, установился запрет на брачные отношения внутри своего коллектива. Так появилась первая форма семьи — дуально-родовой брак, в котором все мужчины одного рода считались мужьями всех женщин другого рода, и наоборот. После этого можно было говорить о рождении человеческого общества, об окончательном выделении человека из животного мира.

Все перечисленные фундаментальные отличия человека от животных стали теми путями, по которым шло обособление человека от природы.

Специфические особенности человека

Вместе с тем, человек имеет специфические, присущие только ему особенности строения организма. Часть из них связана с про-

исхождением человека от приматов, но большинство специфических признаков появилось в связи с его трудовой деятельностью. Это прямохождение, мощно развитая мускулатура нижних конечностей, сводчатая стопа с сильно развитым первым пальцем, подвижная кисть руки, позвоночник с четырьмя изгибами, расположение таза под углом 60° к горизонтали, очень большой по массе и объему мозг, крупные размеры мозгового и малые размеры лицевого черепа, бинокулярное зрение, ограниченная плодовитость и др.

Решающим шагом на пути от обезьяны к человеку стало *прямохождение.* После наступления ледникового периода обезьянам, ведшим ранее древесный образ жизни и не отступившим к экватору, пришлось перейти к жизни на открытых пространствах. Высокая и густая трава африканской саванны в дождливый период заставляла их часто подниматься на задние конечности, чтобы ориентироваться на местности. Кроме того, передние конечности часто использовались ими для бросания камней, палок, переноса пищи, что смещало центр тяжести тела на задние конечности.

Переход к прямохождению привел к изменению морфологии нижних конечностей, ставших опорным органом. Нижняя конечность приобрела *уплощенную стопу с продольной сводчатостью,* что смягчило нагрузки на позвоночный столб.

Огромные изменения претерпела рука, главной функцией которой стала хватательная, причем это не потребовало никаких серьезных анатомических преобразований. Происходило все большее противопоставление большого пальца относительно ладони, что позволяло зажимать камень или палку и с силой ударять ими. Кроме того, несколько увеличилась длина и подвижность пальцев.

После того, как предок человека встал на ноги и поднялся над поверхностью земли, его *глаза переместились во фронтально-параллельную плоскость,* поля зрения обоих глаз стали перекрываться. Это обеспечило бинокулярное восприятие глубины и привело к развитию зрительных структур мозга, однако платой за новые способности зрения стало ухудшившееся обоняние.

Но главные отличия человека от животных закрепились в материальном носителе разума — *мозге.* Не случайно признаком, отделяющим человекообразных обезьян от людей, считается масса мозга, равная 750 г. Именно при такой массе мозга овладевает речью ребенок. Конечно, речь древних людей была очень примитивной, но она выражала качественное отличие высшей нервной деятельности человека от высшей нервной деятельности животных.

Мозг наших предков постоянно увеличивался в ходе биологической эволюции. Так, у австралопитеков объем мозга составлял 500—600 см^3, у питекантропа — до 900 см^3, у синантропов — до 1000 см^3. Объем мозга неандертальца в среднем был больше, чем у

современного человека[1]. При этом нет прямой зависимости между объемом мозга и способностями человека. Так, довольно маленький по объему мозг — не более 1000 см^3 имел французский писатель А. Франс, а мозг И.С. Тургенева был очень велик — 2012 см^3.

Разумеется, масса и объем мозга человека — далеко не все, чем наш мозг отличается от мозга животных. Ведь и у кита, и у слона мозг по массе больше, чем у человека. Определяющую роль играет не масса мозгового вещества, а его структура. Чем же мозг человека отличается, например, от мозга его ближайших родственников — приматов? Как это не покажется странным, но обнаружить принципиальные отличия в строении мозга человека и шимпанзе удалось лишь во второй половине XX в.

Было обнаружено, что в ходе эволюции стала существенно увеличиваться *степень наполнения черепа мозговым веществом.* Этот показатель достигает 94% у человека против 50% у рептилий. Изменилась в сторону округления и роста в высоту форма черепа, исчезли надбровные дуги и черепной гребень. Стал развиваться новый тип складчатости головного мозга с преобладанием радиального направления главных борозд, что способствовало укрупнению полушарий. Из-за того что увеличение головы плода новорожденного дошло до предела ширины родовых путей, ребенок стал рождаться как бы с эволюционно недоношенным мозгом. В период внутриутробного развития человеческий мозг достигает менее 25% своего будущего объема, в то время как у шимпанзе — 65%.

Выяснено, что простейшей структурной единицей мозга служит не нервная клетка (нейрон), как считалось раньше, а структурный ансамбль нейронов со сложными, но фиксированными разветвлениями взаимосвязей. Один ансамбль обычно управляет или одним процессом, или одной функцией организма. Эволюция мозга, его усложнение идет за счет растущей организованности, упорядоченности функционирования структурных ансамблей, объединяющих отдельные функции в сложные поведенческие реакции.

Структурные единицы мозга развиваются в форме вертикальных колонок, которые включают как клетки древних отделов мозга, расположенные в нижних пластах, так и клетки более молодых образований, располагающихся над этими пластами. Таким образом, в строении мозга можно выделить древние отделы, которые формируются на эмбриональной стадии, и молодые отделы (кора головного мозга), которые в основном развиваются на постэмбриональной стадии, или после рождения ребенка.

Новая мозговая кора состоит из 600 млн. вертикальных колонок, образуемых примерно 50 млрд. нейронов. У взрослого челове-

[1] Средний размер мозга современного человека составляет 1400 см^3 у мужчин и 1270 см^3 у женщин.

ка новая кора занимает 95—96% общей площади, а на долю старой коры остается лишь 4%. В ходе эволюции шло изменение удельного соотношения древних и молодых отделов мозга. У низших обезьян лобные доли занимают 10% коры, у высших обезьян — 15%, а у человека — 25%, что является рекордом для животного мира. Именно лобные доли управляют социальным поведением.

Количественное увеличение ансамблей нервных клеток происходит главным образом за счет перестройки старых отделов и использования освобождающихся нейронов, а качественные изменения инициируются усложнением связей, увеличением их числа и широтой охвата связями клеток всего структурного ансамбля.

Структурные ансамбли мозга человека и приматов, ведающие такими функциями, как зрение, слух, двигательные реакции ног и тела, практически не различаются между собой. Существенные отличия выявлены в размерах и связях структурных ансамблей, ведающих у человека речью и двигательными реакциями рук, особенно кистей, чем определяется способность человека к трудовой деятельности.

В конце 1950-х гг. начались исследования *асимметрии мозга,* и в 1970-х гг. П. Линдсей и Д. Норман создали вполне обоснованную теорию. Оказалось, что при разрушении левого полушария теряется целенаправленность действий, меняется содержание представлений о прошлом и будущем. Так, будущее начинается с того события, которое давно прошло, но случайно всплыло в памяти. Нарушение целостности правого полушария приводит к расстройствам чувственной и эмоциональной сфер человеческой деятельности, теряется способность к выполнению практических действий. Нарушение связи между полушариями мозга (подобную операцию иногда делают для лечения эпилепсии) приводит к возникновению двух потоков сознания. Каждое полушарие независимо хранит информацию и перерабатывает внешние впечатления, что приводит к «раздвоению» личности.

Таким образом, было выяснено, что целостный мозг функционирует иначе, чем рассеченный. Между полушариями мозга идет непрерывный обмен информацией, так как каждое полушарие имеет определенную специализацию. Правое полушарие связано с яркой эмоциональной образностью, доминированием чувственности над словесными формами. Окружающий мир воспринимается им интуитивно, с мгновенным отражением множества признаков. Левое полушарие дает человеку возможность заниматься абстрактными схемами, словесными понятиями, оно обеспечивает логическое мышление.

На этом основании был сделан вывод, что в ходе эволюции сформировалась функциональная асимметрия мозга, которая при-

вела к тому, что левое полушарие оказалось связанным с логическим мышлением, а правое — с интуицией. Их взаимодействие идет по правилу дополнительности: логика корректируется чувственным восприятием, а эмоции — абстрактными схемами. Такое функционирование мозга дало человеку огромные преимущества.

Асимметрия мозга человека формируется сразу после его рождения. После появления на свет мозг ребенка функционирует по принципу дублирования полушарий, как это бывает и у других млекопитающих. При этом получение и обработка информации идет в зеркально-перекрестном режиме: левое полушарие воспринимает мир справа, а правое — слева. Оба полушария однородны по своей структуре и функционально взаимозаменяемы. Именно поэтому у маленького ребенка твердо не фиксированы речевые области, которые начинают развиваться сразу в двух полушариях. Но позднее речевые центры мигрируют из правого полушария в левое, которое становится доминантным. Так, постепенно левое полушарие берет на себя функции речи и логического мышления, а правое — управление координацией движения и фиксацию геометрических связей объектов.

Важно отметить еще одно характерное обстоятельство. Строение ансамблей нервных клеток, их связи и все прочие особенности человеческого мозга программируются генетическим аппаратом. Развитость речевых и двигательно-трудовых структурных ансамблей мозга человека наследуется детьми от родителей. Но наследуется не речь и не трудовые навыки как таковые, а лишь потенциальная возможность их последующего приобретения. Генетические возможности реализуются лишь при условии, что с раннего детства ребенок воспитывается и обучается в сообществе людей, в постоянном общении с ними. Редкие случаи, когда дети бывают воспитаны животными (науке известно порядка 30 подобных примеров), после чего их находят и возвращают к людям, показывают, что они никогда в полной мере не могут овладеть речью, приобрести достаточно сложные трудовые навыки, необходимые для сознательной деятельности. Поэтому история про Маугли — не более, чем красивая сказка. Реализация генетического потенциала ограничена во времени жесткими возрастными рамками. Если сроки пропущены, потенциал гаснет, и человек остается на уровне развития примата. По той же причине дети, вырастающие в домах ребенка и не получающие достаточного количества внимания от взрослых, часто отстают в развитии, хотя никаких органических нарушений у них нет.

Таким образом, на протяжении длительного времени в процессе антропогенеза действовали преимущественно эволюционные факторы генетической изменчивости и отбора. Изменение условий су-

шествования предков человека создавало сильное давление отбора в пользу выживания особей и групп с признаками, содействовавшими прогрессивному развитию прямохождения, способности к трудовой деятельности, совершенствованию верхних конечностей и познавательной активности головного мозга. Естественный отбор сохранил признаки, стимулировавшие совместный поиск пищи, защиту от хищных зверей, заботу о потомстве и т.д., что в свою очередь способствовало развитию стадности как начальной ступени развития социальности.

12.3. Сущность человека. Биологическое и социальное в человеке

Современное естествознание стремится обойти крайности «биологизации» и «социологизации» в понимании природы человека. Тем не менее, в истории науки существуют крайние точки зрения по вопросу соотношения биологического и социального в человеке. *Панбиологизм* выводит все особенности человека из его биологической природы и настаивает на полной зависимости индивидуального развития человека от генетических факторов. *Пансоциологизм,* напротив, утверждает, что генетические задатки у всех людей одинаковы, а личность и характер человека формируются только под влиянием общества и являются результатом воспитания и образования.

В современной науке наиболее распространенной является точка зрения, согласно которой генетически наследуются не способности человека, а только их задатки, развитие же способностей во многом зависит от условий жизни и общения. Понятно, что в этом случае особую роль приобретают первые годы жизни индивида, первоначальный этап социализации, который активизирует или, напротив, тормозит генетические механизмы. Данной точки зрения придерживается *социобиология* — научная дисциплина, изучающая генетические основы социального поведения животных и человека, их эволюцию под действием естественного отбора. Иными словами, социобиология представляет собой синтез популяционной генетики, этологии и экологии.

Возникновение социобиологии связывается с выходом в 1975 г. книги американского ученого Э. Уилсона «Социобиология: новый синтез». По мнению автора, социобиология призвана выявлять сходство между социальным поведением животных и человека, прояснять механизмы генетической детерминации поведения человека. В частности, одной из главных проблем данной дисциплины является проблема генетических, биологических основ морального

поведения. Все свои рассуждения Уилсон строит на убеждении, что сознание вообще, а не только моральное сознание является устройством для выживания и воспроизводства, а разум — всего лишь один из инструментов биологического воспроизводства.

В методологическом плане социобиология экстраполирует выводы, полученные при изучении поведения животных, на человека, утверждая ведущую роль биологических факторов в развитии личности. При этом роль культурных влияний не отрицается, однако им отводится второстепенная роль. Социобиология выступает с идеей синтеза биологического и социального знания, но на основе биологии. В этой ситуации возникает вопрос о правомерности полной аналогии между поведением животных и человека, и тем более сомнительно выглядит тотальная экстраполяция данных биологии на человеческое общество. Здесь не вызывает сомнений тот факт, что человек — часть живой природы, и поэтому он подчиняется биологическим законам, однако объяснение поведения человека только в биологическом аспекте вряд ли правомерно.

Анализ процесса антропогенеза позволяет сделать вывод о том, что биологическая эволюция завершилась 30—40 тыс. лет назад после возникновения человека разумного. С тех пор человек выделился из животного мира, и биологическая эволюция перестала играть решающую роль в его развитии. Определяющим фактором в развитии стала социальная эволюция, от которой сегодня зависит биологическая природа, физический облик и умственные способности человека.

С завершением процесса антропогенеза закончилось и действие группового отбора как ведущего фактора эволюции. Отныне все развитие человека обусловлено социальными условиями жизни, определяющими развитие его интеллекта и целесообразной деятельности. Необходимо отметить также, что с появлением человека разумного генетическая информация утрачивает свое главенствующее значение, она замещается социальной информацией. Хотя в настоящее время продолжает сохранять свое значение мутационный процесс как источник генотипической изменчивости, а также, в известной мере, действует стабилизирующая форма естественного отбора, устраняя резко выраженные отклонения от средней нормы. Примером действия стабилизирующего отбора служит повышенная смертность недоношенных детей вследствие снижения их жизнеспособности, а также повышенная смертность мальчиков в первые годы после рождения вследствие фенотипического проявления неблагоприятных аллелей, локализованных в одной из хромосом.

Будучи продуктом биологической эволюции, человек никогда не выйдет за границы своей биологической природы. Однако замечательной особенностью биологической природы человека является его способность к усвоению социальных явлений. Биологическое и

социальное начала выступают генетически и функционально связанными уровнями целостной организации человека. Биологическое начало, будучи первичным во времени, детерминирует социальное начало, становится предпосылкой его воспроизведения. Поэтому биологическое есть необходимое, но не достаточное условие становления и функционирования социального. И действительно, человек не может возникнуть без биологического основания, ибо его наличие — непременное условие и обязательная предпосылка выделения человека из животного мира. Однако обезьяна не может превратиться в человека только по законам развития органического мира. Здесь нужно нечто большее. Человек приобретает свою социальную сущность не в силу биологических законов, а в силу законов общественного развития. Таким образом, социальное приобретает относительную независимость от биологического и само становится необходимым условием своего дальнейшего существования.

Однако выход человека из природы вовсе не означает, что теперь для него устанавливается абсолютное противостояние природе. Более того, человек должен, как и все живое, приспосабливаться к ней. Но в отличие от животных, которые непосредственно приспосабливаются к изменениям окружающей среды, человек достигает поставленной цели за счет изменения природы, преобразования ее. В ходе этого создается мир искусственных предметов и явлений, рядом с естественным миром природы возникает искусственный мир человеческой культуры. Именно таким образом человек удерживает свою родовую сущность и превращается в общественное существо.

Общество всегда вынуждено в той или иной мере считаться с биологической основой людей, заботиться об удовлетворении возникающих на этой основе потребностей. Хотя общественный прогресс детерминируется социальными факторами, он не может игнорировать возможности человеческой биологии. Конечно, роль биологических факторов в истории является не постоянной, а переменной величиной. Видимо, в антропогенезе она имела доминирующее значение, но в процессе перехода от антропогенеза к со-циогенезу определяющим стал социальный фактор. С возникновением же общества происходит окончательное подчинение биологического социальному, что ни в коей мере не означает вытеснения и отмены биологического. Оно просто перестает быть ведущим. Но оно существует, и его присутствие напоминает о себе многообразными проявлениями. Ведь жизнедеятельность каждого отдельного человека подчинена биологическим законам. Другое дело, что потребность нашего организма мы удовлетворяем в рамках тех возможностей, которые нам предоставляются обществом.

Да и в индивидуальном развитии человека соотношение биологического и социального начал меняется. В эмбриональном перио-

де, который продолжается от момента оплодотворения женской яйцеклетки мужским сперматозоидом до рождения ребенка, развитие организма происходит по жестко закрепленной генетической программе при сравнительно слабом влиянии окружающей социальной среды. Это влияние осуществляется опосредованно, через организм матери. На этапе эмбрионального развития важнейшей задачей является реализация генетической программы, полученной от родителей и закрепленной в ДНК. При этом каждый человек является носителем уникального набора генов[1], которым обусловливаются все внешние признаки человека — цвет волос, кожи и глаз, телосложение, рост. Кроме того, генотип определяет способности человека, его склонности к тем или иным занятиям. Разумеется, наследуются не сами способности, а лишь их задатки, для проявления которых необходимы благоприятные условия социальной среды. Так, ребенок может обладать великолепными музыкальными задатками, но если у него не было возможности заниматься музыкой, то они так и останутся неразвитыми.

Также не следует забывать, что не наследуется умение говорить, мыслить, трудиться. Это тоже задатки, которые проявятся лишь при постоянном общении ребенка с другими людьми. Если они не востребованы вовремя, то генетический потенциал гаснет, и ребенок никогда не сможет стать полноценным человеком.

Итак, наследственность определяет то, каким может стать организм, но развивается человек под воздействием социальной среды. Поэтому каждый человек есть одновременно и часть природы, и продукт общественного развития. Очевидно, это касается также умственных и творческих способностей человека.

Объективный поход к решению вопроса о соотношении биологического и социального, вероятно, заключается в необходимости взглянуть на человека с трех позиций: биологической, психологической и социальной. Человека можно рассматривать как физическое тело, принадлежащее биологическому миру и подчиняющееся его законам. Такой взгляд выражается в понятии «индивид», обозначающий конкретного представителя человеческого рода как носителя психофизиологических качеств. В этом понятии собственные индивидуальные особенности человека не принимаются во внимание, речь идет только об общих с другими людьми свойствах, т.е. человек рассматривается как один из многих представителей вида Homo sapiens.

При рождении у человека еще не сформированы до конца анатомо-морфологические системы, они завершают свое формирова-

[1] За исключением однояйцовых близнецов, имеющих практически идентичные генотипы.

ние в условиях социума. В отличие от других видов животных человек слабее «привязан» к природе. Животное от рождения имеет большой набор инстинктивных форм поведения, наделено всеми свойствами, необходимыми для выживания. Человек же, если только рассматривать его как биологический организм, в момент своего рождения является существом недостаточно развитым. В природном царстве он был бы обречен на гибель. Однако процесс антропогенеза выработал гибкую систему внеинстинктивных ориентиров, выражающихся в биологической готовности усваивать культурно-исторические достижения общества.

Социокультурный взгляд на человека выражается в понятии «личность», которое означает понимающее и мыслящее существо, способное к саморефлексии. Индивид становится личностью в процессе социализации и инкультурации, через общение с другими людьми и усвоение в процессе этого общения культурных достижений человечества и его родной культуры, поэтому личность иногда определяется как социальная индивидуальность. Таким образом, личность — это субъект общественных отношений, деятельности и общения людей. Только в деятельности человек выступает и самоутверждается как личность, играя разнообразные социальные роли. Именно через деятельность осуществляются процессы социализации и инкультурации, в ходе которых человек становится личностью.

Понятие «личность» следует отличать от понятия «характер» — совокупности психологических особенностей человека, его психологической индивидуальности. Уникальность личности выражается в понятии «индивидуальность». Основа уникальности человека заложена на биологическом уровне: каждый человек, обладая общими видовыми характеристиками, всегда остается неповторимым.

Важнейшей характеристикой личности является свобода выбора, на которой строится ответственность человека за свои поступки. Свободный выбор человек делает на основе воспитанных у него и развитых им самим нравственных и волевых качеств, усвоенных им норм поведения, фиксирующих ценности той или иной культуры.

Поэтому вопрос о соотношении свободы и необходимости в поведении человека, о нормах морали, регулирующих его, всегда привлекал самое пристальное внимание теологов, философов, а в последнее время и ученых.

12.4. Этология о поведении человека

Интересные данные о поведении человека и естественных корнях его морали приводят этологи — ученые, изучающие поведение животных в природе. Основоположники этологии К. Лоренц,

Н. Тинберген и К. фон Фриш задумались о том, рождается ли человек безморальным и усваивает нормы, необходимые для выживания в обществе, только в процессе воспитания, или же есть какие-то врожденные чувства и представления о хорошем и плохом поведении, лишь развиваемые в процессе воспитания. Для этого они попытались доказать, что зачатки морали и культуры присутствуют уже у животных.

С точки зрения этолога, поведение животных во многом определяется инстинктами — генетически заложенными в них программами поведения, не требующими специальной практики по своему формированию и развитию. Питанию, росту, размножению и самосохранению соответствуют четыре рода инстинктов: голод, половой инстинкт, агрессия и страх.

Подлинно первичным инстинктом, по мнению Лоренца, является *агрессия,* направленная на сохранение вида. Жестче всего она проявляется в конкуренции внутри вида, так как наиболее приспособленные особи могут захватывать большую территорию, приносить большее потомство и передавать свои гены следующему поколению.

Но проявление агрессии, как и других инстинктов, не всегда бывает полезным. Поэтому природа вводит большой набор специально созданных механизмов торможения, действующих в общении животных со своими сородичами. Таким образом, во время охоты агрессия заставляет хищника загонять и убивать свою добычу, но в боях самцов за самку или за лидерство превалируют механизмы торможения.

Механизмы торможения включают в себя позы покорности, напоминающие детское поведение и поведение самки при спаривании. Так, у волков и собак побежденный соперник ложится на спину или подставляет победителю свое горло. Кроме того, перед боем животные совершают различные ритуальные движения — мимическое утрирование, ритмическое повторение; за счет этого увеличивается время до начала атаки и тормозятся наиболее опасные движения. В результате этого более слабые животные выживают, так как механизмы торможения накладывают строгий запрет на убийство сородичей.

По мнению этологов, сходным образом шло развитие человеческого общества. Поэтому все важнейшие требования и нормы культуры формулируются в виде запретов. Как врожденные механизмы и ритуалы препятствуют асоциальному поведению животных, так и человеческие табу определяют человеческое поведение в обществе. И то и другое возникает под жестким давлением отбора ради сохранения вида. У многих видов существуют следующие запреты:

- *запрет на убийство представителей своего вида.* Животные узнают друг друга либо персонально (обезьяны), либо по запаху

(крысы и пчелы). У человека также есть отчетливое ощущение «своих» и «чужих», проявляющееся еще в раннем детстве;

- *запрет на неожиданное нападение сзади, без предупреждения.* У человека этот запрет воплощается в разнообразных ритуальных действиях, приветствиях, самопрезентации и т.д.;
- у хищников действует *запрет на применение смертоносного оружия в драке со своими,* поэтому в их среде — самые жесткие механизмы торможения, запрещающие убийство или серьезное ранение сородича. К сожалению, у человека — по природе сравнительно безобидного всеядного существа — нет естественного оружия, а значит, нет и соответствующих механизмов торможения, запрещающих применять его против «своих». Долгое время небольшие возможности к убийству себе подобных уравновешивались сравнительно слабыми запретами агрессии. Но после изобретения оружия это равновесие было нарушено;
- *запрет на убийство того, кто принял позу покорности.* Поза покорности включает механизмы торможения агрессии. После этого победитель уже не может убить своего соперника. У человека подобные ограничения есть (например, правило «Лежачего не бьют»), но они также не носят обязательного характера.

Из приведенных выше фактов исследователи сделали диаметрально противоположные выводы. Так, социобиология, возникшая в 80-е гг. XX в., заявляет, что в основе всех форм социального поведения человека лежат врожденные структуры, присущие нам так же, как и другим представителям животного мира. В свою очередь, последователи марксизма отрицают такую тесную связь человека и животных, считая, что человек далеко ушел от животного мира, поэтому распространять его закономерности на человеческое поведение не имеет смысла.

Очевидно, что оценивать данные факты следует, исходя из двойственной природы человека, о которой мы уже говорили выше. Скорее всего, социальное поведение людей диктуется не только разумом и усвоенной в процессе инкультурации и социализации культурной традицией, но и подчиняется биологическим закономерностям, присущим поведению любых живых существ.

Данные зоопсихологии также показали, что поведение животных, живущих в коллективе, подчиняется одновременно эгоистическим и альтруистическим формам поведения. Если есть возможность сохранить и передать свои гены, то преобладают эгоистические формы поведения. Но если такое поведение ставит под угрозу выживание всей группы, срабатывают альтруистические поведенческие реакции. Поэтому пчела жалит своего противника, спасая пчелиную семью, но погибая при этом сама; шимпанзе нападает на тигра, чтобы дать возможность скрыться оставшимся членам группы. Схожее альтруистическое поведение нередко демонстрирует

человек, спасая «своих» и обеспечивая сохранение генотипа своей популяции. Такое поведение было закреплено в соответствующих нормах морали и правилах поведения.

На основании своих исследований Лоренц сформулировал биологический вариант категорического императива И. Канта: «Поступай так, чтобы твое поведение как разумного существа соответствовало законам природы».

Однако полной аналогии между поведением человека и поведением животных все же нет. Ведь человек — это, прежде всего, социальное существо, имеющее помимо биологических и другие потребности. По мнению американского психолога А. Маслоу, это физиологические потребности, потребность в безопасности и защищенности, социальные потребности, потребность в уважении и потребность в самореализации как личности.

Названные потребности иерархичны, они удовлетворяются последовательно. Если человек голоден, он будет заботиться о добывании хлеба насущного, а не о самореализации. Но если человек в реализации своих потребностей дошел до уровня самоактуализации, то у него высшие потребности начинают доминировать над низшими. Такой человек может ограничиться минимумом в плане удовлетворения физиологических потребностей, но будет настойчиво добиваться поставленных перед собой целей. На этом уровне люди понимают, что смысл человеческой жизни — в максимально полном развитии заложенных в них способностей, а это возможно только в творческой работе.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Алексеев В.П.* Становление человечества. М., 1984.
2. *Аллен Р.Д.* Наука о жизни. М., 1981.
3. *Андреев И.Л.* Происхождение человека и общества. М., 1982.
4. *Воронцов Н.Н.* Теория эволюции: истоки, постулаты и проблемы. М., 1984.
5. *Грант В.* Эволюция организмов. М., 1980.
6. *Захаров В.Б., Мамонтов С.Г., Сивоглазов В.И.* Биология: общие закономерности. М., 1996.
7. *Левонтин Р.* Человеческая индивидуальность: наследственность и среда. М., 1993.
8. *Мещеряков Б., Мещерякова И.* Введение в человекознание. М., 1994.
9. *Носевич В.Л.* В поисках Адама и Евы // Наука и человечество. 95-97. М., 1997.
10. *Семенов Ю.И.* На заре человеческой истории. М., 1989.
11. *Татаринов Л.П.* Палеонтология и эволюционное учение. М., 1985.
12. *Фоули Р.* Еще один неповторимый вид. М., 1990.
13. *Яблоков А.В., Юсуфов А.Г.* Эволюционное учение. М., 1998.

Глава 13

Феномен человека в современной науке

13.1. Сущность и истоки человеческого сознания

На протяжении веков феномен человека притягивает к себе внимание многих поколений ученых и является предметом изучения естественных, социальных и гуманитарных наук. Между естественным и гуманитарным знанием ведется непрерывный диалог по проблеме человека, происходит обмен информацией, теоретическими моделями, методами изучения и т.д. При этом каждая из сторон акцентирует внимание на конкретных сторонах жизнедеятельности человека, что само по себе важно, но явно недостаточно для адекватного изучения такого целостного явления, как человек. В данной ситуации большое значение имеет философское изучение феномена человека, поскольку именно философия ориентирована на создание целостного представления о нем.

Таким образом, проблема человека имеет междисциплинарный характер, а современный естественно-научный взгляд на человека представляет собой комплексное и многоаспектное знание, получаемое в рамках различных дисциплин. Целостный взгляд на человека, его сущность и природу невозможен без привлечения данных гуманитарного и социального познания.

Материальная основа человеческого сознания

В процессе эволюции живых организмов у них с необходимостью формируются управляющие подсистемы. У высших животных и человека органом управления является нервная система, прежде всего большие полушария головного мозга. Именно нервная система управляет функционированием высших организмов, способствуя удовлетворению их потребностей. Кроме того, нервная система осуществляет саморегуляцию организма, обеспечивает поддержание постоянства его характеристик, оптимизацию жизнедеятельности и

динамическое равновесие организма с естественной средой. Нервная система — это тот орган, куда поступает разнообразная информация об изменениях окружающей среды и внутреннего состояния организма. Поступающие импульсы обобщаются нервной системой, что позволяет оптимизировать как внутренние, так и внешние процессы организма. Деятельность нервной системы направлена, с одной стороны, на объединение всех элементов организма, а с другой — на адаптацию организма к внешней среде.

Вместе с тем, нервная система обеспечивает не только пространственный, но и временной порядок функционирования различных компонентов организма, согласованность и последовательность их действий. С ее помощью регулируется работа каждого компонента организма (продолжительность, интенсивность, степень загрузки и др.). Подобного рода регулятивная деятельность осуществляется посредством возбуждения и торможения различных подсистем организма, обусловливающих определенные формы психической деятельности, которые обеспечивают в конечном счете целостность, самосохранение и совершенствование организма.

Центральное место в нервной системе любого живого организма занимает мозг, который непосредственно влияет на обмен веществ, регуляцию газообмена и термообмена организма, функционирование сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной и других систем. Стимулирующее и регулирующее воздействие мозга испытывают не только органы, но и ткани, а также отдельные клетки организма. Работу мозга обусловливают тончайшие физико-химические, биофизические и биохимические процессы, протекающие в нервных тканях и клетках. При этом психические процессы взаимосвязаны с физиологическими, поскольку основу физиологических процессов также составляют разнообразные физико-химические, биофизические и биохимические процессы.

При этом, чем выше степень организации объекта управления, тем значительнее роль нервной системы как органа управления. Соответственно, чем совершеннее нервная система, тем больше степень ее воздействия на деятельность организма. Именно у человека нервная система достигла своего наивысшего развития. Нервная система человека и ее высший отдел — головной мозг — являются результатом не только биологической, но и социокультурной эволюции.

Основными элементами нервной системы живых организмов являются нервные клетки, или нейроны. Головной мозг человека состоит из 40—50 млрд. нейронов, каждый из которых имеет до 10 тыс. соединений с соседними клетками. По нейронным цепям осуществляются передача и переработка информации. Поверхность головного мозга (серое вещество) — кора головного мозга — состоит из нервных клеток и имеет глубину 2—6 мм. Головной мозг человека

имеет мозговые извилины, благодаря которым поверхность мозга оказывается примерно в три раза больше, чем поверхность мозга без извилин.

По своей структуре мозг человека состоит из трех функциональных блоков:

i 1) блока, обеспечивающего тонус, т.е. нормальную физическую жизнедеятельность организма;

2) блока, осуществляющего прием, переработку и хранение информации, т.е. являющегося главным аппаратом познавательных процессов;

3) блока, программирующего поведение человека, его регуляцию и контроль всех поступков и действий.

В своей совокупности три перечисленных функциональных блока обеспечивают регуляцию взаимодействия человека с окружающей средой. Основными из этих процессов являются:

- *гомеостаз,* т.е. поддержание необходимого для жизнедеятельности человека внутреннего состояния организма: дыхания, кровообращения, терморегуляции, пищеварения, сна, бодрствования и т.д.;
- *эмоции,* через которые проявляются тревога, боль, стресс, болезни, удовольствие, радость, т.е. все положительные и отрицательные реакции человека на события и явления окружающего мира;
- *обучение* и *память,* связанные с реакцией отражения, которые формируют внимание человека, его волю, оказывают воздействие на его интересы и потребности.

Таким образом, все важнейшие отличия человека от животных закреплены в строении мозга. Поэтому человеческий мозг изучается как естественными, так и общественными и гуманитарными науками. Среди них ведущее место принадлежит психологии, которая в последнее время широко пользуется новыми методами исследования мозга, пришедшими из нейрофизиологии и психофизиологии, которые, в свою очередь, базируются на физических и химических методах исследования. Например, с помощью электрического раздражения разных отделов мозга можно вызывать и изучать мысли и эмоции, создавать иллюзии и галлюцинации.

С помощью этих исследований удалось добиться многого: открыть химические и электрические изменения, происходящие на клеточном уровне и сопровождающие каждый поведенческий акт; открыть функциональную асимметрию мозга; выяснить природу стресса как неспецифического защитного механизма сопротивления внешним факторам и многое другое.

Но по-прежнему множество вопросов остается без ответов: отсутствует убедительная физико-химическая модель сознания, поэтому до сих пор неясно, что такое мысль; спорен вопрос о начале

сознания, ведь мышление не развивается само по себе, поэтому требуется определенное время после рождения ребенка для его формирования. В современной психологии можно выделить три основные точки зрения на сознание:

1) отрицание самоценности психики и сознания в бихевиоризме;

2) классическое понимание сознания как особого свойства высокоорганизованной материи;

3) модель «расширяющегося сознания» в трансперсональной психологии С. Грофа, в соответствии с которой психика и сознание существуют еще до рождения человека.

Структура психики

Результатом деятельности нервной системы человека является сознание, сущность которого состоит в отражении объективных свойств различных предметов и явлений окружающего мира, предварительном мысленном планировании действий и оценке их результатов, в регулировании взаимоотношений человека с окружающей природной и социальной средой. Сознание — высшая способность психического отражения, присущая только человеку; целенаправленное отображение действительности, на основе которого осуществляется регулирование его поведения. Сознание — это часть психики, которая может произвольно направляться на определенный реальный или идеальный объект и возбуждаться или тормозиться самим субъектом.

Из теории психоанализа пришло представление, что психика включает в себя собственно сознание, бессознательное и сверхсознание. На основе многочисленных наблюдений и изучении подсознательных состояний психики основоположник психоанализа 3. Фрейд пришел к выводу, что в структуре психики человека имеется особая часть — *бессознательное,* представляющее собой совокупность психических явлений и процессов, лежащих вне сферы разума, неосознаваемых и неподдающихся сознательному волевому контролю. Бессознательное проявляется в ощущениях и импульсивных действиях, когда человек не отдает себе отчета в последствиях своих поступков. Кроме того, оно также проявляется в информации, которая накапливается в течение всей жизни в качестве опыта и оседает в памяти. Бессознательное обнаруживает себя в виде сновидений, полугипнотических состояний, оговорок, описок, ошибочных действий и т.п. Именно по этим фактам можно судить о природе, содержании и функциях бессознательного.

Бессознательное отличается от сознания тем, что отражаемая им реальность сливается с переживаниями субъекта, его отношением к миру. Поэтому в бессознательном невозможны произвольный контроль осуществляемых субъектом действий и оценка их результатов.

Однако, по мнению Фрейда, бессознательное имеет биологическую природу. Его главная функция — охранительная, поскольку бессознательное уменьшает нагрузку на сознание со стороны негативных и тягостных переживаний. Бессознательное структурировано в виде комплексов — устойчивых психических состояний, вызванных определенными переживаниями. Комплексы формируются под влиянием различных личных факторов и обстоятельств жизни, затем они вытесняются в сферу бессознательного и могут стать причиной психических заболеваний.

И, наконец, существует *сверхсознание,* или творческая интуиция, — первоначальный этап творчества, не контролируемый ни сознанием, ни волей. Оно обеспечивает выдвижение и обоснование гипотез, поисковую деятельность человека. Такая активность возникает в процессе взаимодействия личности с миром культурных ценностей, накопленным опытом человечества, из которого неосознанно выделяются средства или связи, способствующие решению творческих проблем.

Особое значение для человека имеют сознание и бессознательное. Различия между ними носят принципиальный характер и лишь взятые вместе они обеспечивают человеку возможность адекватно воспринимать и понимать действительность. Различия между сознательным и бессознательным можно представить в следующем виде (табл. 13.1).

Таблица 13.1

Сознательное	*Бессознательное*
Абстрактное, концептуальное	Конкретное, образно-визуальное
Формально-логическое	Неформальная логика
Вербальное	Невербальное (образное)
Символическое	Иконическое
Синтаксическая связанность	Свобода комбинаций знаков и образов
Вторичные мыслительные процессы	Первичные мыслительные процессы
Рациональное	Иррациональное
Интенциональное мышление	Сновидения, фантазии, галлюцинации
Формализация	Интуиция
Научная систематизация	Мифологическая систематизация
Последовательность	Одновременность
Дискретность	Континуальность

Структура сознания

В современной науке существуют различные описания структуры сознания и составляющих его элементов. Чаще всего это зависит от мировоззренческих предпочтений исследователя и тех задач, которые он стремится решить. Так, например, известный философ А. Г. Спиркин предлагает выделять в структуре сознания три основные сферы: 1) когнитивную (познавательную), 2) эмоциональную и 3) волевую.

Содержание *когнитивной сферы* составляют познавательные способности, интеллектуальные процессы получения знаний и результаты познавательной деятельности, т.е. сами знания. Традиционно в структуре сознания выделяют две основные познавательные способности человека: рациональную и сенситивную. Рациональная познавательная способность — это способность человека к формированию понятий, суждений и умозаключений, именно она считается ведущей в когнитивной сфере. Сенситивная познавательная способность — это способность к ощущениям, представлениям и восприятию, которые выступают основой для рациональных знаний. Помимо интеллекта и сенситивной способности, в познавательную сферу входят внимание и память. Память обеспечивает единство всех сознательных элементов, а внимание дает возможность концентрироваться на каком-то определенном объекте. Внимание — это сосредоточенность, избирательная познавательная направленность сознания, нацеленная на определенный объект, значимый в настоящее время.

Память — это способность мозга запоминать, хранить и воспроизводить полученную информацию о прошедших ранее событиях, явлениях и фактах. Различают три вида памяти: мгновенную, длящуюся несколько секунд, кратковременную (до двух—трех дней) и долговременную (до конца жизни человека). В основе памяти лежит циркуляция нервных импульсов по замкнутым нейронным цепям, которые вызывают в них различные структурные изменения, возникающие на основе электрохимических процессов возбуждения. Кроме того, различают зрительный, слуховой, осязательный виды памяти, в зависимости от того, какой из анализаторов играет в этом процессе главную роль.

На основе интеллекта, способности к ощущениям и памяти формируются чувственные и понятийные образы, которые и составляют содержание когнитивной сферы.

Огромную роль в структуре сознания играют *эмоции* — все положительные и отрицательные реакции человека на воздействие внешних и внутренних раздражителей, имеющие выраженную субъективную окраску и охватывающие все виды чувств, среди которых

наиболее известными являются тревога, боль, удовольствие, радость и др. Эмоциональная сфера сознания представляет собой сферу потребностей, интересов и целей. Элементами эмоциональной сферы выступают: аффекты, элементарные эмоции, связанные с сенсорными реакциями, и чувства. Все эти разнопорядковые явления объединяются одним понятием — «эмоции». Эмоция — это отражение ситуации в форме психического переживания и оценочного отношения к ней. Эмоциональная сфера сознания также участвует в познавательном процессе, повышая или снижая его эффективность.

Волевая сфера сознания представлена мотивами, интересами и потребностями в единстве со способностью достигать цели. Главный элемент этой сферы — воля, т.е. способность человека к достижению поставленных целей.

Итак, сознание представляет собой чрезвычайно сложное психическое явление. В нем выделяют процессы внимания, восприятия и переработки информации, процессы запоминания и актуализации информации, мышление, а также творческие процессы создания новой информации. В результате этих процессов в сознании накапливаются опыт и знания, формируется отношение к окружающему миру и к себе, осознаются свои возможности.

С помощью органов чувств мы воспринимаем окружающий мир и формируем представление о нем, а с помощью мышления раскрываем сущность изучаемых объектов. Мышление представляет собой активное отражение объективного мира в понятиях, суждениях, моделях, теориях, концепциях, в результате чего дополнительно к миру реальному возникает идеальный мир, являющийся отражением реального мира в нашем сознании. Мышление дополняет чувственное восприятие выделением общего и существенного, тем, что недоступно для непосредственного восприятия органами чувств.

Мышление — это непрерывный диалог между сознанием и бессознательным. Бессознательное подсказывает сознанию различные варианты поведения и деятельности, направленные на решение актуальных для человека проблем. Если в бессознательном нет вариантов решения или отсутствует нужная информация, то этот постоянно идущий диалог нарушается. В результате мы испытываем чувство беспокойства и тревоги, перерастающее в страх. Так формируется стресс как ответ организма на информационные или эмоциональные перегрузки.

Основной формой мышления является мысль, которая может существовать в самых разных обликах — в виде понятия или образа. Но большинство мыслей состоит из сочетания образов, слов и понятий. Отделить их друг от друга бывает невозможно.

Крупные успехи в изучении мышления были достигнуты в рамках нейрофизиологии. Так, удалось установить, что мыслим мы в

основном с помощью переднего мозга, занимающего 85% общего объема мозга и разделенного на два полушария — левое и правое, соединенных пучком нервных волокон (мозолистое тело). Именно передний мозг позволяет нам различать числа, понимать язык, пользоваться логикой, принимать решения, наслаждаться музыкой и оперировать абстрактными понятиями. 15% объема мозга составляют мозжечок и ствол мозга. Мозжечок управляет равновесием тела, а ствол отвечает за поддержание сердцебиения и дыхания.

Крупным достижением нейрофизиологии стало открытие и изучение функциональной асимметрии головного мозга. Ранее было отмечено, что левое полушарие отвечает в основном за речь, математические способности, логическое мышление и принятие решений. Правое полушарие обеспечивает восприятие ритма и цвета, музыки и живописи, работу воображения и фантазии, а также ориентацию в пространстве.

«Левополушарное» мышление является дискретным и аналитическим, поскольку с его помощью осуществляется ряд последовательных операций, обеспечивающих непротиворечивый анализ предметов и явлений по определенному числу признаков. Благодаря этому формируется внутренне непротиворечивая картина мира, которую можно закрепить и однозначно выразить в словах или других условных знаках.

«Правополушарное» мышление создает возможность одномоментного отражения и восприятия многочисленных свойств объекта в их взаимосвязи друг с другом и во взаимодействии со свойствами других объектов, что обеспечивает целостность восприятия всего объекта. Благодаря этому образы приобретают свойство многозначности, лежащее в основе творчества, с одной стороны, но препятствующее их логическому упорядочиванию и осознанию, с другой стороны.

Функциональные различия левого и правого полушарий головного мозга представлены в табл. 13.2.

Таблица 13.2

Левое полушарие	*Правое полушарие*
1	2
Установление хронологического порядка	Фиксация текущего времени, синхронного с физическим временем
Чтение карт и схем	Ориентация на местности и в конкретном пространстве
Деформация временной шкалы (растяжка и сжатие)	Синхронизация биоритмов с внешними циклическими процессами

Окончание табл. 13.2

1	2
Запоминание имен	Узнавание лиц
Запоминание слов	Запоминание образов
Эйфорическое видение мира	Видение мира эмоционально-мрачное
Речевая активность, чувствительность к звукам	Восприятие эмоционального состояния людей, интонаций
Восприятие деталей	Целостное, образное восприятие

В норме оба полушария функционируют во взаимосвязи. Их согласованная деятельность обеспечивает получение адекватной непротиворечивой картины мира. При этом правое полушарие образными средствами создает целостное представление о ситуации, а левое полушарие анализирует ее логическими аналитическими средствами.

Однако в процессе профессиональной деятельности человека из-за преобладания в ней задач того или иного типа может сформироваться доминантное, ведущее полушарие. В такой ситуации доминантное полушарие не позволяет включиться в мышление другому полушарию, отключая его, пытаясь решить проблему любого типа только своими средствами. Так, человек с доминантным левым полушарием может утратить ориентацию в сложной образной ситуации из-за того, что логический аппарат начинает анализировать произвольно выбранный, обычно малосущественный фрагмент данной ситуации. А человек с доминантным правым полушарием часто не может решить простой логической задачи. Это так называемый *эффект латерального (бокового) торможения.* Поэтому наиболее эффективным является двухполушарное мышление, в котором левое и правое полушария мозга взаимно дополняют друг друга.

Такое же взаимодополнение характерно и для стилей мышления людей, выполняющих в обществе две важнейшие ролевые функции — мужчин и женщин. Между их психикой существуют существенные различия, связанные с тем, что психика мужчин ориентирована на развитие вида, а психика женщин — на его сохранение. Различия в психике мужчин и женщин могут быть отражены в форме сравнительной таблицы (табл. 13.3).

Таблица 13.3

Мужчины	*Женщины*
1	*2*
Большая роль в становлении нового	Большая роль в воспроизводстве

Окончание табл. 13.3

1	2
Большая роль в изменении среды	Сохранение и поддержание очага
Большая «норма реакции»	Меньшая «норма реакции»
Более логичны и абстрактны	Более интуитивны и конкретны
Более рациональны	Более эмоциональны и чувствительны
Более способны на сверхусилия	Более устойчивы и выносливы
Более жесткая психика	Более лабильная психика
Большая роль в генерации информации	Большая роль в сохранении и передаче информации
Более высокий творческий потенциал	Большая консервативность

Эмоции, мышление, память и внимание в своей совокупности составляют *интеллект* (от лат. intellectus — понимание, рассудок) человека, т.е. способность мыслить и рационально познавать действительность.

Возникновение интеллекта является естественным и закономерным этапом развития и возникновения жизни на Земле. Как показывают данные этологии, животные часто демонстрируют разумные формы поведения, однако человеческий интеллект принципиально отличается от «разума» животных. Человек способен мыслить абстрактно, формировать общие понятия — не только абстракции, но и идеализации, строить суждения и умозаключения. Это позволяет человеку отрываться в своем мышлении от реальности, создавая идеальный мир своего сознания. Но важнейшим отличием человеческого интеллекта является способность к рефлексии, т.е. умение видеть себя со стороны — изучать не только окружающий мир, но и самого себя в этом мире. В этом заключается сущность самосознания. Таким образом, мышление человека, обладающего интеллектом, становится не только физиологическим, но и социально-историческим феноменом.

Очевидно, совершенствование мышления животных шло по пути превращения обычных рефлексов в сложную нерефлекторную систему обратных связей. При этом развивались способы анализа и оценки полученной информации. Жестко запрограммированный способ действий заменялся гибкими программами отбора рациональных действий из числа допустимых на основе накопленного опыта.

Становление интеллекта в современной науке объясняется теорией самоорганизции, согласно которой любой живой организм

обладает обратными связями типа рефлексов, которые обеспечивают простейшие функциональные зависимости между «входом» и «выходом» системы, между стимулом и реакцией организма. Эволюция любого живого существа развивалась параллельно с развитием системы обратных связей и сопровождалась постепенным их совершенствованием и превращением обычных рефлексов в более сложный нерефлекторный тип связей. Иными словами, в процессе эволюции совершенствовались не только рецепторы, т.е. способы регистрации внешней обстановки, но и способы анализа и оценки полученной информации. Это давало возможность получать представления (прогноз) об изменениях в обстановке, которые могли произойти в зависимости от того, как живое существо будет реагировать на информацию, поступающую из внешнего мира. В этом механизме интеллект человека позволяет приобрести необходимые знания, с помощью которых можно предсказывать развитие событий в зависимости от действий, предпринятых человеком.

Так появился интеллект как способность мышления предвидеть события и результаты собственных действий, анализировать и оценивать свое состояние и состояние окружающей среды, а также принимать решения на основе данных представлений. Именно это и есть сознательная деятельность.

Возникновение сознания и интеллекта имело большое значение для жизнедеятельности человека, поскольку они сделали человека свободным от внешней среды, позволив ему разрабатывать планы будущих трудовых актов, предвидеть последствия своей деятельности, осуществлять обучение младших поколений. Но оборотной стороной этой свободы стало то, что отсутствие сдерживающего влияния конкретных ситуаций нередко вело разум по пути произвольных и неограниченных домыслов и фантазий. Это послужило основой мифов, религий, искусства, науки — разнообразных сфер культуры, являющейся чисто человеческой способностью. Кроме того, именно разум, выделяя человека из природы, лежит в основе дисгармонии человеческого существования. Она проявляется в том, что человеку нужны идеальные объекты, цели, потребности, которым он мог бы себя посвятить и реализовать. При этом формируется множество новых, несвойственных животным и присущих только человеку потребностей — в связи с другими людьми, в самоутверждении, привязанностях, внутренней целостности, объекте поклонения и т.д.

13.2. Эмоции человека

Личность может существовать только в постоянном контакте с окружающей средой. Под влиянием среды происходит познаватель-

ная деятельность человека, регулируется его поведение. Особое значение в этой деятельности имеют эмоции человека, являющиеся тем внутренним механизмом, который превращает внешние раздражители в мотивы, создает оптимальные условия для приспособления организма к окружающей среде, обеспечивает ее познание и творческое преобразование. Поэтому своеобразие каждой личности во многом определяется особенностями ее эмоционального реагирования. Ведь именно от эмоций зависят наше отношение к другим людям и их поступкам, оценка собственных действий. Кроме того, эмоции влияют на функции органов и тканей, а следовательно, и на здоровье человека.

Эмоции выступают в роли регуляторов человеческого общения, влияя на выбор параметров общения и определяя его способы и средства. По своей сути эмоции — это обобщенные чувственные реакции на разнообразные по характеру сигналы, влекущие за собой изменения в физиологическом состоянии организма.

В психологии эмоции определяются как реакции человека или животных на воздействие внутренних или внешних раздражителей, имеющие ярко выраженную субъективную оценку и охватывающие все виды чувств и переживаний. Эмоции возникли в процессе эволюции как средство, позволяющее живым существам определять биологическую значимость состояний организма и внешних воздействий. Поэтому их можно считать формой видового опыта. Ориентируясь на эмоции, индивид совершает необходимые действия, целесообразность которых для него самого может быть неясна. С их помощью можно оценить состояние организма (усталость, боль показывают его неблагополучие). Но можно и стимулировать организм на новые действия (страх или ярость заставляют забыть о боли и усталости).

По признаку доставленного удовольствия или неудовольствия все эмоции можно поделить на т р и группы:

1) положительные эмоции — радость, блаженство, любовь, симпатия. Они содействуют упрочению полезных навыков и действий;

2) отрицательные эмоции — горе, презрение, ненависть, стыд, зависть, раскаяние, ревность, разочарование, испуг, тревога. Они помогают уклониться от влияния неблагоприятных факторов;

3) нейтральные переживания — спокойное созерцание, удивление, любопытство, безразличие, равнодушие.

Считается, что в жизни человека преобладают положительные эмоции. Но человеку нужны любые эмоции, ведь они служат побуждением к действию. Если у человека исчезнут эмоции и останется лишь голый расчет, то человек превратится в робота, утратит все человеческое. Без эмоций он потеряет способность расти, развиваться и совершенствоваться, потеряет интерес к жизни и происходящему вокруг.

Разные виды эмоций сопровождаются различными физиологическими изменениями в организме и соответствующими психическими проявлениями. Например, при печали, смущении, испуге понижается тонус скелетной мускулатуры. Печаль характеризуется спазмом сосудов, испуг — расслаблением гладкой мускулатуры. Гнев, радость, нетерпение, напротив, сопровождаются повышением тонуса скелетной мускулатуры, при радости расширяются сосуды, при гневе расстраивается координация движений, увеличивается содержание сахара в крови.

Таким образом, эмоции могут быть разделены на две группы:

1) стенические — тонизирующие, возбуждающие (радость, злость, гнев). Считается, что эти эмоции готовят организм к актив ности, мобилизуют его творческие возможности;

2) астенические — тормозящие, расслабляющие человека (тоска, тревога, благодушие). Эти эмоции препятствуют осуществлению целенаправленной сознательной деятельности.

И тот и другой тип эмоций может быть как положительным, так и отрицательным. Все зависит от того, как они воспринимаются самим человеком, его сознанием. Таким образом, эмоциональное возбуждение мобилизует все имеющиеся резервы организма. В этом состоянии начинают более тонко работать интеллектуальная сфера и память. В кровь поступает значительное количество адреналина, усиливается работа сердца, повышается артериальное давление, растет газообмен, расширяются бронхи, увеличивается интенсивность окислительных и энергетических процессов в организме. Резко изменяется характер деятельности скелетных мышц, т.е. они могут включаться в работу одновременно, а не поочередно. Все эти факты позволяют сделать вывод, что эмоции сформировались в процессе эволюции как механизм приспособления к постоянно изменяющейся внешней среде обитания.

В зависимости от того, с какими потребностями человека связаны эмоции, их можно разделить на д в е группы:

1) *низшие эмоции* — голод, жажда и т.д., возникающие в связи с биологическими потребностями человека, его стремлением выжить. Благодаря им человек способен быстро оценить характер воздейст вия и адекватно отреагировать на него;

2) *высшие эмоции* — это социальные, или интеллектуальные эмоции, возникающие в процессе познания личностью окружаю щей действительности. Они подразделяются на этические и эстети ческие эмоции. Этические эмоции представляют собой регуляторы поведения человека в обществе — стыд, вина, долг, ответствен ность, солидарность, патриотизм, дружба. Эстетические эмоции основываются на способности человека воспринимать красоту и гармонию окружающего мира. Они представляют собой оценку ка-

ких-то предметов или событий как возвышенных, прекрасных или безобразных, трагических или комических.

По силе проявления и напряженности чувств эмоции также можно разделить на т р и группы:

1) настроение — неяркое, относительно устойчивое эмоцио нальное состояние. По существу оно является основным эмоцио нальным состоянием человека. На создание настроения влияют са мые разные факторы: погода, самочувствие, воспоминания, прочитан ное письмо или книга, разговор с продавцом и т.д.;

2) страсть — сильное и глубокое эмоциональное состояние, сохраняющееся достаточно долго. Как правило, она подчиняет себе основную направленность мыслей и поступков человека. Обычно страсть возникает при появлении каких-то желаний, удовлетворение которых становится очень важным для человека, поэтому все его мысли и поступки подчиняются страсти;

3) аффекты — кратковременные, предельно яркие вспышки, эмоциональные возбуждения высшей степени (восторг, гнев, ярость, ужас). В это время человек не способен прислушиваться к голосу разума и действует только под влиянием эмоций.

Таким образом, эмоции составляют тот внутренний механизм восприятия явлений и процессов внешнего мира, при участии которого внешние раздражители превращаются в мотивы поведения, создаются оптимальные условия для приспособления к окружающей среде и нормального функционирования организма. Отсюда вполне правомерно утверждение, что своеобразие личности в значительной степени определяется особенностями ее эмоционального реагирования на условия и обстоятельства своей жизни.

13.3. Здоровье, работоспособность и творчество человека

Как отмечалось выше, эмоции создают человеку плохое и хорошее настроение, формируют у него чувства тревоги и радости, отчаяния и наслаждения и т.д. Тем самым они поддерживают или понижают у человека интерес к жизни и окружающему миру. Эмоции, являясь частью психической деятельности человека, влияют на его здоровье, творческую деятельность и работоспособность, которые тем лучше и выше, чем больше положительных эмоций испытывает человек. Поэтому стремление к поддержанию у себя и окружающих положительного эмоционального состояния — залог здоровья, бодрости и счастья. Это означает, что человек, его здоровье, эмоции, творчество и работоспособность между собой неразрывно

связаны и в своем единстве образуют ту базу, на которой здоровый человек может работать и творить.

Творчество

Современный человек живет и действует, побуждаемый множеством потребностей самого разного характера и содержания. Часть потребностей для своего удовлетворения требуют изобретения и создания новых продуктов, предметов, условий человеческой жизни, никогда ранее не существовавших и не созданных природой. Эта сторона человеческой жизнедеятельности получила название творчества.

Благодаря творчеству человек возвышается над своей природной основой, поскольку в творчестве он делает свой мир более разнообразным, удобным и безопасным для жизни. В этой связи решающее значение приобретает выработка новых ценностей, которые обеспечивают человеку сохранение здоровья и работоспособности. Здоровье и улучшение жизни людей невозможны без творчества — непрекращающегося процесса возвышения человека над породившей его природой.

Творчество — это целенаправленная деятельность по познанию и созданию качественно нового, неизвестного до сих пор в материальной и духовной сферах культуры.

Однако степень новизны продуктов творческой деятельности человека может значительно различаться. Не следует считать, что творчество — это только совершение великих открытий в науке и технике или создание шедевров искусства. Каждый человек индивидуально неповторим, но он должен в своей жизни освоить часть общечеловеческого опыта и знаний. Для него овладение этими навыками и знаниями также является творческим процессом. Поэтому решение любой частной задачи, в результате которой появляется что-то новое хотя бы для данного человека, связано с творчеством.

Разумеется, наибольший интерес исследователей привлекает творчество высших достижений. Главным в нем является обнаружение самой проблемы, а затем и ее решение. Не случайно говорят, что правильно заданный вопрос содержит 90% ответа. Большинство крупнейших открытий в науке и технике появились как результаты ответов именно на такие вопросы.

Для творческой деятельности очень важны такие свойства личности, как воображение, интуиция, умственная активность, а также способность к самонаблюдению и самооценке. Ведь без осознания

структуры своих умении и навыков, базирующихся на определенном опыте решения тех или иных проблем, творчество будет невозможным. Важно также отметить, что творчество обычно способствует повышению или сохранению самооценки, поэтому оно становится личностно значимым для человека. Гибкий ум, глубокое мышление, его высокая критичность помогают человеку преодолевать препятствия на пути реализации творчества.

В современной науке существует несколько моделей творческой деятельности. В них обычно выделяют четыре основных этапа творческого процесса:

1) сознательное преобразование информации;

2) созревание идеи в бессознательном;

3) переход идеи из бессознательного в сознание (озарение, «инсайт»);

4) проверка истинности идеи, ее последующее сознательное развитие и формализация.

Первый и четвертый этапы представляют собой логический поиск и преобразование необходимой для созревания интуитивного решения информации, а также анализ этого решения. Второй и третий этапы — иррациональная деятельность сознания. Таким образом, в творчестве неразрывно связаны противоположные типы мышления.

На *первом этапе,* когда идет сознательное преобразование информации, человек выбирает актуальную для него проблему. Чаще всего это бывает, когда посильная для него задача вдруг не находит своего решения. В этой ситуации человек испытывает глубокий психологический дискомфорт, возникающий из-за возможного снижения самооценки, начинает перебирать возможные рациональные варианты решения проблемы, отбирает факты, могущие оказаться полезными, а также выявляет противоречия и проблемы, требующие своего решения. Результатом первого этапа обычно является большое число неадекватных решений и множество нерешенных проблем.

Из-за малой информационной емкости сознания появившиеся промежуточные понятия и образы, характеризующие отдельные стороны решаемой задачи, вытесняются в бессознательное. После этого в творческом процессе начинается *второй этап,* связанный с взаимодействием сознательного с бессознательным, правого и левого полушарий мозга. Идет мощная активация бессознательного, на первых порах не дающая желаемого результата. Поэтому нарастают отрицательные эмоции, может возникнуть ситуация угрозы для целостности личности.

В данном случае лучше всего на время отказаться от решения проблемы и переключиться на решение других задач. Когда сознание творца меньше всего занято решением проблемы и не контролируется личностью (сон, отдых), чаще всего происходит озарение — *третий этап* творчества, т.е. подготовленное на первом этапе левое

(«логическое») полушарие мгновенно распознает появляющийся в правом полушарии правильный образ — решение проблемы. При этом мгновенно исчезают отрицательные эмоции, чувство тревоги и беспокойства. Они заменяются мощными положительными эмоциями, человек испытывает чувство ни с чем не сравнимого восторга и блаженства.

На последнем, *четвертом,* этапе творчества найденное решение переводится в языковую форму, идут экспериментальная проверка его истинности и объяснение полученных результатов. Это очень важная часть работы, причем очень трудоемкая. Поэтому инсайт — начало продолжительного, нередко мучительного критического анализа, обоснования найденного решения.

Важнейшей предпосылкой творческой деятельности является полная внутренняя свобода личности, умение отрешиться от стереотипов — типизированных программ действий и мыслей в стандартных ситуациях, способность посмотреть на проблему с необычной стороны. Таким образом, творчество связано с инакомыслием, а также с умением терпимо относиться к чужому мнению, пусть и отличающемуся от собственного мнения.

Существует множество технологий решения творческих проблем. Самая простая из них и давно известная зафиксирована в известной русской пословице: «Утро вечера мудренее». Чтобы день был плодотворным, к нему нужно мысленно подготовиться еще накануне: сформулировать проблемы, требующие своего решения, наметить возможные пути их решения. Благодаря этому наше бессознательное получит задание, над которым оно будет работать во время нашего сна или отдыха. В результате уже утром можно иметь достаточно четкую программу действий.

Разработаны также различные методы коллективного решения творческих проблем. Широкой известностью среди них пользуется метод «мозгового штурма», при котором вместе собираются две группы людей — генераторы идей (люди с образным мышлением) и аналитики (люди с логическим мышлением). Ведущий данной встречи излагает им проблему, после чего генераторы предлагают самые разные варианты, а аналитики их обсуждают. Замечательным примером применения данного метода является телевизионная игра «Что? Где? Когда?», участники которой всего за минуту находят ответы на достаточно сложные вопросы.

Работоспособность

Работоспособность определяется как способность индивида выполнять целесообразную деятельность на заданном уровне эффективности в течение определенного времени.

Работоспособность человека детерминируется, прежде всего, индивидуальными свойствами личности, ее здоровьем и созданием системы условий для поддержания трудовой деятельности человека.

Обычно выделяют четыре стадии работоспособности:

1) врабатывание — знакомство с новым видом деятельности или восстановление имеющихся навыков после перерыва в работе;

2) оптимальная работоспособность — отсутствие физического утомления, положительный психологический настрой на работу создают ровный рабочий ритм, при этом достигается высокая производительность труда и совершается минимальное количество ошибок;

3) некомпенсируемое и компенсируемое утомление — эта стадия обычно наступает во второй половине рабочего дня, когда накапливается усталость, поэтому рабочий ритм снижается, человек совершает большее количество ошибок;

4) конечный «порыв» — осознание того, что выполнение задачи близко, придает человеку дополнительные силы, и он демонстрирует очень высокие показатели на завершающем этапе своей деятельности.

В зависимости от вида деятельности, индивидуальных особенностей, состояния здоровья человека продолжительность и степень выраженности этих стадий могут варьироваться, причем некоторые из них могут даже выпадать.

К внешним условиям работоспособности относятся: средства производства, орудия труда, условия труда. Так, например, чтобы вбить самый обычный гвоздь, нужен молоток, в отсутствие которого наша задача станет трудновыполнимой. Или, забивание того же самого гвоздя на сильном морозе вызовет ряд дополнительных трудностей, которые потребуют больших усилий от человека.

К внутренним ресурсам работоспособности относятся те знания и навыки, которыми обладает человек и которые он постоянно совершенствует. Кроме того, нужно учитывать склонность человека к тому или иному виду деятельности. Так, человек, хорошо справляющийся с физическими нагрузками, может испытывать серьезные трудности при осуществлении интеллектуальной деятельности, требующей специальных навыков. И, наоборот, человек, с удовольствием работающий с книгами, документами и показывающий при этом высокую степень работоспособности, вряд ли продемонстрирует такие же результаты при физической работе. Поэтому в вопросе работоспособности нужно учитывать желание или нежелание человека выполнять ту или иную работу — если человек заставляет себя делать то, что ему не нравится, не следует ожидать высоких результатов от его работы. И наоборот, любимой работе человек отдает себя целиком, достигая при этом высоких результатов и показывая высокую работоспособность. Особую радость доставляет

творческая работа, в которой человек может реализовать себя. Решая творческие задачи, художники, ученые, изобретатели могут сутками работать над их решением, демонстрируя очень высокую работоспособность.

Здоровье человека

Высокая работоспособность невозможна, если у человека плохое здоровье. Только человек, здоровый как физически, так и духовно, может целиком отдаваться любому делу, быть творцом. Поэтому проблемы здоровья человека и его сохранения очень важны как для отдельного человека, так и для всего общества. Решением этих проблем занимается медицина, которая разрабатывает нормы безопасных пределов содержания в производственных помещениях пыли, газов, паров, поддержания оптимальных температур, влажности, шума, вибрации, степени ионизирующего излучения и т.д.

Проблемы здоровья и болезни человека особенно важны потому, что здоровый человек свободен в своих поступках, удовлетворении своих материальных и духовных потребностей (в рамках тех возможностей, которые предоставляются ему обществом). Болезнь же ограничивает человеческую свободу, добавляя к общественным ограничениям поступков человека ограниченные возможности его собственного тела. Поэтому отношение человека к своему телу не может быть просто отношением к некой природной, естественной объективности — человек встречается с необходимостью, ее языком и властью. И власть эта, запечатленная в телесной организации человека, отличается особой жестокостью и императивностью. Практически каждый человек имеет возможность убедиться в этом — достаточно вспомнить ощущение абсолютной беспомощности, которое охватывает человека, когда он тяжело болеет. Поэтому можно сказать, что телесность выступает как поток жизни, как жизнедеятельность человека в целом. А тело является статическим аспектом телесности, от которого человек никак и никогда не сможет избавиться, пока он живет. Ведь зачатием человек бросается в поток жизни помимо своей воли. Момент смерти также наступает независимо от желаний человека. Каждая стадия возрастных изменений принудительно ввергает человека в новую жизненную ситуацию. В силу указанных аспектов человеческой жизни вопросы здоровья человека также носят естественно-научный характер и составляют предмет медицины — науки, изучающей причины возникновения болезней человека, закономерности их развития, методы их распознавания и лечения, а также формы оптимальной организации медицинской помощи населению.

В отечественной медицинской науке **здоровье** человека определяется как нормальное психосоматическое состояние и способность человека оптимально удовлетворять свои материальные и духовные потребности.

Оно характеризуется биологическим потенциалом, физиологическими резервами жизнедеятельности, нормальным психическим состоянием и социальными возможностями реализации человеком всех его задатков. В зависимости от того, кто является носителем здоровья (человек, группа, население, общество), выделяют следующие его типы:

- индивидуальное здоровье (человек, личность);
- здоровье группы (семья, профессиональная или возрастная группа);
- здоровье населения (популяционное, общественное).

В соответствии с типом здоровья в каждом обществе выработаны показатели, посредством которых дается количественная и качественная его характеристика.

В современной научной литературе существует более 100 определений понятия здоровья, из которых главным считается определение Всемирной организации здравоохранения, согласно которому здоровье — это объективное состояние и субъективное чувство полного физического, психического и социального комфорта, а не просто отсутствие болезней. Поскольку ни одно определение здоровья не принято в качестве эталонного, то о состоянии здоровья человека ученые и медики судят на основании объективных данных, полученных в результате антропометрических, клинико-физиологи-ческих и лабораторных исследований, соотнесенных со среднестатистическими показателями возраста населения, профессиональной структуры и экологического состояния данного общества.

Физическое здоровье во многом определяется генетическим фактором. Также оно зависит от психического здоровья, которое, в свою очередь, тесно связано с социальным окружением человека, уровнем развития общества. Очень важную роль играет отношение человека к собственному здоровью, его образ жизни, наличие или отсутствие вредных привычек.

У каждого человека есть свои резервы здоровья. Это возможности максимальной работы органов нашего тела — сердца, легких, почек, печени и т.д., при которой они сохраняют свои функции.

Если здоровье — это нормальная жизнедеятельность организма, возможность свободного выполнения человеком всех своих обязанностей, а также осуществления его интересов, то болезнь — это нарушение нормальной жизнедеятельности организма, потеря человеком своей свободы, что связано с потерей приспособительной

функции и способностей организма. Чаще всего болезнь связана с нарушением согласованного течения обменных процессов в организме. Эти нарушения могут быть как количественными, так и качественными.

Для лечения болезней человек с давних пор стал применять различные лекарства, а также использовать различные процедуры. Первые лекарства, использовавшиеся человеком, имели в основном растительное или животное происхождение. Но по мере развития науки и техники в качестве лекарств все чаще стали использоваться вновь синтезированные органические и неорганические препараты. Доступность лекарств приводит к тому, что многие люди злоупотребляют ими, попадают в настоящую лекарственную зависимость. Результатом становятся широко распространившиеся лекарственные аллергии. Кроме того, многие лекарства наряду с полезным действием вызывают негативные побочные эффекты, среди которых нарушение обмена веществ, ослабление иммунитета, рост числа грибковых заболеваний и т.д. Бесконтрольное применение многих препаратов (в том числе, антибиотиков) приводит к привыканию организма к ним, он становится невосприимчивым к действию этих лекарств, поэтому болезнь не лечится, а переходит в хроническую форму.

Поэтому лекарства следует применять только в самом крайнем случае. Для поддержания оптимального самочувствия лучше обратиться к природным факторам. Ведь человек формировался среди естественной природы и связан с ней множеством нитей. Окружающая нас среда — леса, поля, парки, реки, ручьи и т.д. — содержит множество лечебных свойств и факторов, которые могут помочь нам лучше, чем многие лекарства.

Так, благотворно действует на человека умеренная работа на природе — в саду, огороде, на поле. Труд повышает обмен веществ, мобилизует силы, а также способствует психологической реабилитации человека. Очень полезны водные процедуры, особенно купание, избавляющее человека от заболеваний верхних дыхательных путей. Помогает лечение воздушными ваннами, особенно полезен зимний воздух, в котором отсутствует большая часть микробов. Раньше говорили о пользе загара, благоприятном воздействии солнечных лучей. Однако в последнее время в связи с разрушением озонового экрана на Землю проникает большее количество ультрафиолетовых лучей, что увеличивает риск заболеваний раком кожи.

В последнее время большой популярностью пользуется аромaтерапия — лечение запахами. Давно известно, что запахи могут вызывать самые разнообразные эмоции. Приятные запахи поднимают настроение, повышают работоспособность, а неприятные могут вызвать головную боль, головокружение, повышение давления и т.д.

Поэтому уже врачи древности лечили некоторые болезни с помощью нюхательных солей. Сегодня известно, что растения выделяют сотни различных веществ, многие из которых полезны для человека. Поэтому популярностью пользуются различные ароматические масла, полезные в самых разных ситуациях.

Лечебным эффектом также обладает живописный ландшафт. Живописные картины природы поднимают настроение, снимают стресс, отвлекают от тяжелых переживаний. Может лечить тишина, наполненная звуками родной природы: пением птиц, шелестом деревьев, журчанием ручья. Особенно актуально это в условиях современных больших городов, жители которых постоянно подвергаются воздействию шумового загрязнения, способного вызвать не только легкие недомогания, но и тяжелые истощения нервной системы, язву желудка и пр.

Таким образом, для сохранения здоровья нужно чаще бывать на природе — в лесу, на лугу, у природных водоемов. Особенно важно это для горожан. Ведь намного проще предотвратить болезни, чем их лечить, а для этого важно вести здоровый образ жизни. Только так человек сможет полностью реализовать себя во всех сферах человеческой жизнедеятельности — в труде, быту, семейной жизни, социально-экономической и политической сферах, в сфере духовной культуры и образования.

Способность человека к самореализации и самоактуализации, прежде всего, определяется уровнем и качеством здоровья. Эти понятия введены в рамках новой науки — *валеологии,* ставящей своей целью сохранение здоровья души и тела человека. С точки зрения валеологии, больных людей нет. Все люди здоровы, но качество их здоровья — разное. Поэтому можно выделить семь валеологиче-ских уровней здоровья.

Последний, *седьмой, уровень* здоровья — реанимационный. Это состояние, угрожающее жизни человека. Спасти жизнь можно только в больнице.

Шестой уровень здоровья связан с состоянием, опасным для жизни человека. На этом уровне идет накопление различных болезней, сокращающих человеческую жизнь. К сожалению, большая часть городского населения находится на этом уровне.

На *пятом уровне* также накапливаются отдельные болезни, но и здоровье тоже накапливается. На этом уровне здоровья человек обладает низкой работоспособностью, он с трудом сохраняет внимание.

Четвертый уровень — уровень стабилизации, стадия ремиссии. У человека есть какие-то болезни, но они не проявляются, так как организму хватает собственных сил, чтобы справиться с ними и адаптироваться к окружающей среде. Человек обладает хорошей работоспособностью и антистрессовой защитой. Поэтому вывести

большую часть населения на этот уровень здоровья — важнейшая задача современной медицины.

На *третьем уровне* здоровья человек способен к полной реализации своих планов и способностей.

Первый и *второй уровни* здоровья связаны с развитием у человека необычных способностей, например к целительству и пр.

Разумеется, любой человек, приложив определенные усилия, может перейти с более низкого на более высокий уровень здоровья. Для этого нужно вести здоровый образ жизни, придерживаться режима, получать регулярную физическую нагрузку, правильно (сбалансированно) питаться. И, конечно, человек должен поставить перед собой цель — улучшить собственное здоровье.

Современное состояние медицины

Успехи современной медицины привели к росту средней продолжительности жизни людей. Экономически развитым странам сегодня практически не угрожают вспышки таких инфекционных болезней, как холера, чума, оспа, ранее уносивших миллионы жизней. Инфекционные болезни, ранее занимавшие первую строчку в списке болезней — причин смерти людей, теперь находятся лишь на четвертом месте. На первом месте стоят сердечно-сосудистые, на втором — онкологические, на третьем — нервно-психические заболевания. С этими болезнями справиться значительно сложнее, так как профилактика их связана, прежде всего, со здоровым образом жизни, сбалансированным питанием, регулярными медицинскими обследованиями, которые могут позволить себе лишь жители развитых стран. Поэтому ни в одной стране мира продолжительность жизни граждан не достигает теоретически возможной, которая, с точки зрения генетиков, должна намного превышать сто лет.

Причинами болезней, как принято сегодня считать, являются не внешние и внутренние факторы (патогенные воздействия среды и нарушения функций организма), а их взаимодействие. При этом роль различных факторов, вызывающих болезни, меняется в зависимости от времени, эпохи, уровня социально-экономического развития общества.

Так, если в прошлом характер патологии детерминировался в основном патогенными природными воздействиями, то в настоящее время он обусловливается, прежде всего, антропогенными воздействиями — результатами деятельности самого человека.

До недавнего времени человек испытывал воздействие таких факторов, как гипердинамия — максимальная мускульная активность; общее (калорийная недостаточность) и специфическое (не-

достаток микроэлементов и витаминов) недоедание. Сегодня причиной многих заболеваний являтся гиподинамия — недостаточная физическая активность, информационное изобилие и психоэмоциональный стресс. Они ведут к перестройке аппарата психоэмоциональной адаптации. Причина — моторизация современного производства и быта, насыщение жизни техникой, шум, ускорение ритма жизни, резкое возрастание числа межличностных контактов, имеющих нередко отрицательный, болезнетворный психоэмоциональный заряд.

Определенное сочетание психоэмоционального стресса с малоподвижным образом жизни и избыточным питанием ведет к суммированию этих воздействий, способствует росту числа некоторых заболеваний, особенно сердечно-сосудистых. Также они непосредственно определяют эволюцию болезней, изменение степени их тяжести, симптоматики, ведут к исчезновению старых и возникновению новых болезней, резко изменяют характер заболеваемости.

Широкое распространение в настоящее время получили заболевания, в возникновении которых большую роль играют психоэмоциональные факторы. Усиливающаяся социализация жизни современного человека сказывается на его соматической (телесной) патологии. Такие факторы, как профессия, отношение человека к труду, атмосфера производственного коллектива, оказывают существенное влияние на состояние его телесного и психического здоровья.

С переходом на новую ступень общественного развития все более усложняются психоэмоциональные отношения людей, исчезает их былая психологическая разобщенность. Все каналы эмоциональной взаимосвязи ныне до предела заполнены, а иногда перегружены. Нервная система человека подвергается постоянной, все возрастающей эмоционально-психической «бомбардировке», начиная от здоровых, тонизирующих, и кончая отрицательными, болезнетворными эмоциями. Возрастает темп жизни, укорачиваются сроки морального износа техники, происходит устаревание некоторых профессий, убыстряется развитие науки, техники, культуры и т.п. Все это предъявляет новые, повышенные требования к внутренним ресурсам человека, важным компонентом которых являются психическое здоровье и эмоциональное равновесие.

Если современный этап общественного развития характеризуется ускорением темпов жизни во всех сферах, то скорости психофизиологических и соматических реакций организма нередко оказываются замедленными, отстают от ритмов социальной и производственной жизни, таким образом, возникает социально-биологическая аритмия как общая предпосылка возникновения многих заболеваний. Ухудшение социально-экономических условий жизни людей только обостряет эту ситуацию.

Поэтому закономерно, что здоровье населения с каждым годом ухудшается. Особенно печально складывается ситуация в нашей стране. В последние годы резко увеличилась смертность и упала рождаемость на фоне резкого сокращения средней продолжительности жизни. В западной и отечественной литературе в связи с этим появился новый термин — «русский крест», означающий устойчивое превышение смертности над рождаемостью. Убыль населения в России составляет более 1 млн. человек в год.

Отсутствие достаточного финансирования медицины, а также достаточного количества средств, необходимых для поддержания нормального уровня жизни у большого числа людей, привело к резкому падению уровня здоровья населения. В результате массово возродились болезни, практически искорененные в годы советской власти, — туберкулез, венерические заболевания. Весьма серьезной проблемой становится СПИД — синдром иммунодефицита человека. К давно существовавшей в нашей стране проблеме алкоголизма добавилась проблема наркомании.

В результате до 70% современных женщин имеют отклонения в состоянии здоровья, до 20% возросла доля новорожденных с физическими и неврологическими патологиями. Важнейшим индикатором здоровья народа и социального благополучия общества является уровень младенческой смертности. В России этот показатель за последние годы увеличился на 15%.

Не менее удручающими являются показатели влияния некоторых компонентов окружающей среды на здоровье человека. Так, достоверно известно, что загрязненность воздуха вызывает заболевания органов дыхания, кровообращения, пищеварения и т.д. Кроме того, она является важнейшей из причин накопления мутаций организма, влияющих на генотип человека.

Примерно 85% заболеваний вызывается и переносится водой. К болезням приводит, прежде всего, низкое качество воды, содержащей токсичные соединения тяжелых металлов, вредные органические примеси и болезнетворные бактерии. Чем больше насыщенность воды солями, тем выше риск заболеть атеросклерозом, инсультом, инфарктом и т.д. В огромной степени нам портит здоровье хлор. Хотя хлорирование воды спасает от инфекций, однако его производные медленно и уверенно подрывают здоровье, так как обладают канцерогенным мутагенным эффектом[1]. Они могут влиять на наследственность, кроме того, многие хлорорганические соединения являются сильнейшими печеночными ядами и т.д.

Все названные проблемы и болезни носят системный характер и имеют в своей основе социальные причины. В современном мире

[1] Вызывают онкологические заболевания.

мало знать причину болезни и методики ее лечения. Они становятся все более дорогостоящими, доступными далеко не каждому человеку. Поэтому в наши дни все более острым становится противоречие между конкретными достижениями медицинской науки и практикой здравоохранения. Это заставляет по-новому осмысливать понятия и нормы общечеловеческой морали применительно к медицине, а также ко всей сфере экспериментальной и теоретической деятельности в биологии. Это привело к появлению еще одной новой сферы этики — биоэтики.

13.4. Биоэтика

Биоэтика как система этических стандартов

Успехи современной биологии и медицины, новые биомедицинские технологии, невозможные еще пятьдесят лет назад, позволили специалистам обрести настоящую власть над жизнью и смертью. Поэтому ответственность ученого-биолога и врача сейчас намного выше, чем раньше. Новая ситуация потребовала новых форм контроля со стороны общества за их работой и использованием новых научных достижений, обострила морально-этические проблемы, с которыми сталкивается врач в общении с пациентом, с одной стороны, и с обществом — с другой. В истории развития науки проблемы такого плана возникали всегда, но они часто не имели однозначного решения, а в условиях различных культурных традиций предлагались и прямо противоположные варианты их решения.

Традиционно основной формой контроля над деятельностью человека были моральные нормы, нравственное регулирование, опирающиеся на тот внутренний стержень, который имеется в душе каждого человека или заложен в процессе воспитания. Такой способ регулирования поведения людей является особенно эффективным по сравнению с нормами права — внешним регулятором поведения человека.

Каждый человек, как правило, следует нравственным нормам. Но во все времена особенно важной была нравственная надежность врача. По этой причине еще на заре развития медицины были сформулированы основные принципы отношения врача к больному, его обязанности по отношению к обществу, а также правила взаимоотношений врачей между собой.

Впервые нравственные заповеди врача были изложены в знаменитой клятве Гиппократа, согласно которой врач должен приходить к больному только для его пользы, бороться за его жизнь до последней возможности и т.д. В несколько измененном виде эта клятва стала основой факультетского обещания, которое подписывалось

врачами в Средние века и Новое время. Сохранилась традиция давать такую клятву и в наши дни. Именно клятва Гиппократа является сегодня основой традиционной медицинской этики, к важнейшим вопросам которой относятся: сохранение врачебной тайны, информирование больного о его болезни и ходе лечения, сообщение о наличии опасных для общества болезней соответствующим учреждениям здравоохранения и т.п.

Но существовавшие до последнего времени моральные нормы не могут подсказать, какое поведение будет правильным в современной ситуации. Ведь новый опыт биомедицинского знания ставит человека перед возможностью не только «давать» жизнь — в настоящее время существуют возможности искусственного оплодотворения, определения и изменения качественных параметров жизни с помощью генной инженерии, транссексуальной хирургии, меняющей пол человека. Сегодня врач может продлить жизнь, отодвинув время смерти с помощью современных реанимационных процедур, методов геронтологии, а также за счет трансплантации органов.

В свете традиционного морально-мировоззренческого сознания новый опыт биомедицинских технологий — техногенное производство и уничтожение жизни на эмбриональном уровне, транспланто-логическое продление и завершение жизни — не всегда может быть оценен как вполне моральный. Более того, в ряде случаев он вступает в явное противоречие с установившимися моральными ценностями и принципами, прежде всего, вновь встает вопрос о моральности убийства эмбриона при искусственном оплодотворении и генетических опытах, о моральности эвтаназии (легкой смерти больного для избавления его от невыносимых страданий) и т.д.

Прежде существовавшая медицинская этика, сформированная в рамках старых мировоззренческих традиций, останавливалась у порога Жизни и Смерти, над которыми, как считалось, были властны только Бог или непознанные законы природы. Человек не мог произвольно манипулировать своей биологической сущностью. Теперь же человек все чаще отказывается считать себя пассивным материалом в руках высших сил и хочет быть полноправным творцом своей жизни и самого себя. В этих условиях и произошло возникновение биоэтики.

Биоэтика — система новых этических стандартов в сфере экспериментальной и теоретической деятельности в биологии и медицине, а также при практическом применении результатов данных исследований, в соответствии с которыми иначе решаются многие традиционные для медицинской этики вопросы.

Сфера биоэтики

Предметом биоэтики являются достижения современного естествознания, в первую очередь биологии и медицины, глубокое их исследование и определение норм, правил и границ их применения в настоящем и будущем в жизнедеятельности человека и общества. С этой целью биоэтика разрабатывает меры морального и правового характера, которые призваны регулировать применение новых методик, а также ограждать каждого отдельного человека и все человечество в целом от нежелательных и губительных последствий внедрения новых биологических и медицинских достижений. Сегодня биоэтика значительно расширила сферу традиционной медицинской этики, иначе решая многие вопросы.

Информирование больного о болезни и ходе его лечения. Если раньше считалось, что больной ни в коем случае не должен знать о заболевании с возможным смертельным исходом, то сегодня такая информация считается обязательной, чтобы человек мог принять необходимые решения, привести в порядок свои дела. Кроме того, к успехам современной медицины относятся новые методы лечения таких болезней, поэтому у больного появляется шанс на благополучный исход.

Проблемы современной реанимационной практики порождены появлением новых сложных, дорогостоящих механизмов (дыхательных аппаратов, «искусственной почки» и пр.), превративших умирание в длительный механизированный процесс и позволяющих очень долго поддерживать жизнь в человеческом теле. Поэтому биоэтика решает принципиально новый морально-этический вопрос: кто в такой ситуации должен принимать решение о смерти — сам умирающий, его родственники или врачи. Но в любом случае выключение этих аппаратов будет означать смерть пациента, и с точки зрения традиционной морали должно оцениваться как убийство или самоубийство.

Проблема эвтаназии — добровольной безболезненной смерти безнадежно больного пациента. В последнее время возможность эвтаназии широко обсуждается на страницах периодических изданий и других средств массовой информации разных стран. Периодически в западных странах происходят судебные процессы, на которых звучат обвинения в адрес врачей, решившихся на эвтаназию, ведь в большинстве стран это расценивается как убийство. В то же время в ряде стран законом разрешена пассивная добровольная эвтаназия, которую трудно отличить от врачебной халатности. Также часто происходят процессы, на которых больные предъявляют иски к государству с требованием разрешить им добровольный уход из жизни. Конечно, в реальной врачебной практике медикам приходится постоянно решать вопросы о продлении (непродлении) жизни своего пациента. Но выписать безнадежно больного человека из боль-

ницы домой, зная, что он там умрет, это — одна ситуация. Другое дело — самому прекратить его страдания вместе с жизнью, введя смертельную инъекцию.

Трансплантология. Проблемой биоэтики является трансплантология. Ведь основным источником биоматериала — человеческих органов, подлежащих трансплантации, являются терминальные (умирающие) пациенты. Поэтому их смерть задерживается, продлевается во времени, чтобы извлечь и сохранить нужные для пересадки органы. Таким образом, у современной медицины появилась новая функция — смертеобеспечение, отсутствующая у традиционной медицины.

В данном случае существует еще одна сложная этическая проблема — определения, кому должен быть пересажен тот или иной орган, притом, что законы большинства стран запрещают покупку донорских органов. Человек может подарить их после своей смерти, оставив соответствующее завещание. Правда, далеко не каждый человек способен на подобную гуманность. Возможность же использования врачами органов без согласия донора приводит к судебным процессам, которые периодически происходят на Западе. Эта ситуация также должна получить оценку в рамках биоэтики. Ведь, с одной стороны, врач нарушает волю умершего, запретившего использовать его органы, но, с другой стороны, он спасает жизнь тем людям, которые иначе просто погибли бы.

Сохранение жизни. Давно обсуждаемой проблемой биоэтики является право женщин на аборт, на его свободный выбор — сохранять или не сохранять жизнь своего ребенка. Во многих странах это разрешено законодательством (в том числе, и в нашей стране). Но с точки зрения традиционной морали — это обесценивание и вытеснение такой ее нормы, как «не убий».

Обесценивание традиционных моральных норм и ценностей также связано со все большим распространением методик искусственного оплодотворения. Ведь такое «асексуальное размножение» неизбежно приведет к деформации биофизиологических родственных человеческих взаимоотношений: место обычной семьи займут неполные семьи, однополые браки. Также встает проблема «суррогатного материнства» — как оценить женщину, вынашивающую и рожающую чужого ребенка за вознаграждение.

Транссексуальная хирургия. К числу самых современных проблемы биоэтики принадлежит транссексуальная хирургия — еще одно медицинское нововведение, ставящее множество незнакомых ранее моральных проблем, связанных с сексуальностью человека. В традиционном понимании сексуальность — это сложный процесс, сопровождающий становление человеческого существа, который предполагает для каждого индивида переход от ощущения удоволь-

ствия к разумному отношению к функции продолжения рода. Перемена пола, произведенная хирургическим путем, как правило, сопряжена с подавлением функции продолжения рода, что с традиционной точки зрения не является нормальным. Тем не менее, в результате широкого правозащитного движения такие операции проводятся, а значит, идет формирование новых этических стандартов.

Клонирование. Последние успехи генной инженерии создали возможность клонирования не только низших, но и высших организмов, в том числе и человека. Клон — это генетическая копия отдельного организма, получаемая путем неполового размножения, при котором побуждается к делению ядро соматической клетки. Поскольку клон наследует гены лишь одного родителя, он должен быть генетически тождественным своему родителю. В естественных условиях клонированием размножаются бактерии и одноклеточные животные.

Клонирование с момента своего появления сразу же вызвало самое широкое обсуждение не только среди специалистов, но и в СМИ. При этом в центре развернувшейся дискуссии были не столько технические, сколько моральные проблемы этого открытия. Так, широко обсуждается множество сценариев грядущих катастроф, связанных с возможностью клонирования человека. Говорят и о создании каст людей, приспособленных для выполнения узкоспециализированной деятельности, и о выращивании существ-«копий», которые должны стать живыми складами донорских органов для своих генетических оригиналов, и о воссоздании умерших гениев или злодеев. Интересно, что об этих проблемах заговорили до того, как произошло практическое применение новых технологий, и мнения людей разделились. Впрочем, в основном по данному вопросу преобладает взвешенный подход, согласно которому вмешательство в наследственные коды нарушает основной принцип эволюции — целостность возникновения и развития жизни, проверку особи в ходе эволюции на способность достижения исходного уровня нового развития.

По этой причине наложен запрет на клонирование человека, но не запрещаются исследования в данной области генетики. Интересно отметить, что Советом Европы в 1997 г. был принят Дополнительный протокол к Конвенции «О правах человека и биомедицине». В нем было запрещено клонирование человеческих существ, но понятие «человеческое существо» не было разъяснено, а оставлено для решения в рамках внутреннего законодательства стран. Таким образом, впервые в истории появилась необходимость законодательно определить, что такое человеческое существо, а значит, и человек. Если раньше эта проблема занимала только философов, а большинство людей считали их рассуждения не более чем причудой, то бурный прогресс современной биомедицины показал непосредственно-практический смысл этого вопроса.

Биоэтика как новое мировоззрение

Итак, мы видим, как традиционные моральные нормы и этические принципы перестают работать в новых условиях. Революционные открытия в области биологии и медицины показали их недостаточность в свете новых возможностей науки. Поэтому на уровень общественного сознания выходят идеи «моральности убийства», «моральности отключения жизнеподдерживающей аппаратуры», «необходимость достойной смерти для смертельно больных людей», возможности исследования и использования человеческого биоматериала как для опытов, так и для пересадки органов и др. Очевидно, эти понятия могут стать основанием новой этики — биоэтики. Она выходит из режима подчинения естественным законам природы, что было характерно для традиционной морали, расширяя права человека вопреки природе. Но это приводит к изменению представлений о добре и зле, которые традиционно являются основными регуляторами человеческих взаимоотношений. А самое главное, что отстаивая право отдельного человека, новые технологии могут привести к потере потенциала развития человечества в целом, так как нарушение естественных законов не может проходить безнаказанно. Поэтому важнейшей задачей биоэтики должна стать не столько оценка конкретных биомедицинских технологий, сколько формулирование новых правил и норм, направленных на охрану природы (в том числе, и самого вида Homo sapiens) от натиска человеческой культуры.

Когда-то, на заре человеческого общества, возникновение традиционной морали и этических принципов стало своеобразной формой защиты от разрушительных природно-биологических начал в человеке. Сегодня этическое должно стать формой защиты природно-биологического от натиска искусственного мира культуры с ее крайним антропоцентризмом. Биоэтика должна сформировать новое мировоззрение, основанное на биосфероцентризме, в центре которого должны быть интересы не человека, но природы в целом. Но для этого человеку придется решить вопрос не только о моральности новых биомедицинских технологий, но и серьезнейшие экологические проблемы, ставящие под угрозу само существование человечества как биологического вида.

В решении проблем биоэтики сталкиваются интересы биологических, медицинских, юридических и философских наук. Поэтому успехи в научном и практическом решении проблем биоэтики зависят от налаживания сотрудничества представителей различных областей знания.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Афанасьева Е.Г.* Права пациента и некоторые проблемы медицинской этики в США. М., 1993.

2. *Биомедицинская* этика / Под ред. В.И. Покровского. М., 1997.
3. *Биотехнология* и общество. М., 1991.
4. *Биоэтика:* принципы, правила, проблемы. М., 1998.
5. *Комаров Ф.И., Петленко В.П., Шамов И.А.* Философия и нравственная культура врачевания. Киев, 1988.
6. *Летов О.В.* Современные проблемы медицинской этики. М., 1998.
7. *Лисицын Ю.П., Изуткин А.М., Матюшин И.Ф.* Медицина и гуманизм. М., 1984.
8. *Мещеряков Б., Мещерякова И.* Введение в человекознание. М., 1994.
9. *Петленко В.П., Царегородцев Г.И.* Философия медицины. Киев, 1979.
10. *Телесность* человека: междисциплинарные исследования. М., 1991.
11. *Философия* и медицина. Л., 1986.

Глава 14
Человек и биосфера

14.1. Понятие и сущность биосферы

Понятие биосферы

Всестороннее изучение природы показывает, что живые организмы и среда их обитания сосуществуют в постоянном взаимодействии. В этой совокупности взаимосвязей живая природа представляет собой специфическую сферу действительности, целостную систему, похожую на единый живой организм, который родился вместе с Землей и постоянно вместе с ней эволюционирует. Планетарные масштабы этой системы и одновременно ее схожесть с живым организмом позволяют рассматривать ее как особый уровень организации живой материи, получившей название *биосферы.*

В системе современного естествознания понятие биосферы занимает ключевое место и поэтому разработка учения о биосфере имеет длительную историю. Начало ее изучению положил Ж.Б. Ламарк, который в своей книге «Гидрогеология» одним из первых обосновал идею о влиянии живых организмов на геологические процессы. Затем учению о живой природе был посвящен многотомный труд А. Гумбольдта «Космос», в котором он ввел понятие *жизненной среды,* понимая под ним оболочку Земли, куда входят атмосферные, морские и континентальные процессы и весь органический мир.

Сам термин «биосфера» был впервые введен в науку австрийским геологом и палеонтологом Э. Зюссом в 1875 г. Он подразумевал под биосферой самостоятельную сферу, пересекающуюся с другими земными сферами, в которой на Земле существует жизнь. Он дал определение биосферы как совокупности организмов, ограниченной в пространстве и времени и обитающей на поверхности Земли. Таким образом, первоначально понятием «биосфера» обозначалась совокупность только живых организмов. Связь живой и неживой природы трактовалась односторонне: отмечалась только зависимость живых организмов от химических, физических, геоло-

гических и других факторов, однако обратное воздействие оставалось вне поля зрения ученых.

В.И. Вернадский о живом веществе и биосфере

Впервые идею о геологических функциях живого вещества, представление о совокупности всего органического мира как единого нераздельного целого высказал русский ученый В.И. Вернадский. Целью, которую поставил перед собой ученый, стало изучение влияния живых организмов на окружающую среду. Этим вопросом, в отличие от изучения воздействия среды на живые организмы, до того не занимался никто. Разумеется, заметить такое воздействие со стороны отдельного организма практически невозможно. Оно становится заметным только при рассмотрении большого числа живых существ.

Поэтому Вернадский ввел понятие **живого вещества** как совокупности всех живых организмов планеты, включая человека.

В своих представлениях о живом веществе он исходил из того, что в процессе жизнедеятельности организмы получают из окружающей среды необходимые химические вещества, а после смерти они возвращают их обратно и таким образом живое и неживое находится в постоянном взаимодействии. Несмотря на то что живое вещество составляет незначительную по объему и весу часть биосферы, оно, тем не менее, является ее определяющим компонентом. Живые организмы — та геохимическая сила, которая играет ведущую роль в формировании облика нашей планеты. В функциональном плане живое вещество становилось тем звеном, которое соединяло историю химических элементов с эволюцией биосферы. Введение этого понятия также позволяло поставить и решить вопрос о механизмах геологической активности живого вещества и источниках энергии для этого.

Взаимодействие живого вещества планеты с окружающей средой рождает биосферу — область распространения жизни на Земле.

Таким образом, **биосфера** — это живое вещество планеты и преобразованная им окружающая среда.

Она представляет собой единую систему, в которой масса живого вещества, несмотря на все изменения и переходы из одного состояния в другое, сохраняется неизменной. Структура, состав и энергия биосферы определяются прошлой и настоящей деятельно-

стью живых организмов, в том числе и человека. Своими границами она охватывает нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы. Биосфера является одним из основных структурных компонентов нашей планеты и околоземного космического пространства. Это сфера, в которой осуществляются биоэнергетические процессы и обмен веществ вследствие деятельности жизни.

Пленка биосферы, окутывающая Землю, очень тонкая. Сегодня принято считать, что в атмосфере микробная жизнь имеет место примерно до высоты 20—22 км над земной поверхностью (до озонового экрана), а наличие жизни в глубоких океанических впадинах опускает эту границу до 8—11 км ниже уровня моря. Углубление жизни в земную кору много меньше, и микроорганизмы обнаружены при глубинном бурении и в пластовых водах не глубже 2—3 км. В атмосфере наиболее заселен слой толщиной до 50 м. Вынос микроорганизмов на высоты более 15 км возможен конвенционными потоками воздуха. За верхнюю границу биосферы условно принимается озоновый слой, выше которого мощный поток ультрафиолетового излучения, вероятно, убивает все живое. Нижняя граница распространения живых организмов в литосфере определяется температурой. По современным представлениям, живые организмы могут существовать при температуре не более 100°С. Таким образом, по сравнению с другими геосферами биосфера представляет собой тончайшую пленку. Правда, она покрывает всю Землю, не оставляя ни одного места на нашей планете, где бы не было жизни, включая пустыни и ледяные просторы Арктики и Антарктики.

Разумеется, количество живого вещества в разных областях биосферы различно. Самое большое его количество локализовано в верхних слоях литосферы (почва), гидросферы и нижних слоях атмосферы. Глубже в земную кору, океан, выше в атмосферу количество живого вещества уменьшается. Это дало основания Вернадскому говорить о *сгущениях* и *разрежениях жизни.*

Особенностью биосферы является то, что между биосферой и окружающими ее земными оболочками нет резкой границы. И, прежде всего, нет той границы в атмосфере, которая сделала бы биосферу закрытой для всех космических излучений, а также энергии Солнца. Таким образом, биосфера открыта космосу, купается в потоках космической энергии. Живое вещество поглощает и перерабатывает эту энергию в биогеохимическую энергию живого вещества биосферы. Биогеохимическая энергия может быть выражена скоростью заселения биосферы данным видом организмов. Для некоторых бактерий эта скорость ограничивается лишь скоростью деления цепочки клеток и приближается к скорости звука. Это означает, что при благоприятных условиях данный вид может засе-

лить Землю практически мгновенно. Вернадский вычислил время, необходимое различным организмам для «захвата» поверхности планеты. Для бактерий — это 1,25 суток, для инфузории туфельки — 67,3 суток, для крысы и домашней свиньи — по 8 лет, для цветковых растений — 11 лет, для водорослей — 379 лет, для слона — 1000 лет.

Биогеохимическая энергия используется для осуществления геохимических функций живого вещества. Это энергетическая, концентрационная, деструктивная, транспортная и средообразующая функции, основанные на том, что живые организмы своими дыханием, питанием, метаболизмом, непрерывной сменой поколений порождают грандиознейшее планетное явление — *миграцию химических элементов в биосфере.* Биогенная миграция подчиняется двум биогеохимическим принципам:

1) стремится к максимальному проявлению, что приводит к возникновению «всюдности» жизни;

2) способствует выживанию организмов, увеличивающих биогенную миграцию атомов, что в ходе эволюции жизни приводило к появлению все более сложных и развитых организмов.

Это предопределило решающую роль живого вещества и биосферы в становлении современного облика Земли — ее атмосферы, гидросферы и литосферы.

Структура биосферы

По своему составу, строению и организованности биосфера — это сложная оболочка, которая включает в себя:

- живое вещество — совокупность живых организмов планеты, включая человека;
- биогенное вещество, созданное в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, уголь, нефть, известняки и т.д.);
- косное вещество, сформированное без участия жизни, к нему относятся атмосфера, гидросфера и литосфера;
- биокосное вещество — результат взаимодействия жизнедеятельности организмов и небиологических процессов (например, почва, озерная вода);
- вещество космического происхождения.

Общую массу живых организмов оценивают в $2{,}43 \cdot 10^{12}$ т. Биомасса организмов, обитающих на суше, на 92,2% представлена зелеными растениями и на 0,8% — животными и микроорганизмами. Напротив, в океане на долю растений приходится 6,3%, а на долю животных и микроорганизмов — 93,7% всей биомассы. Жизнь сосредоточена главным образом на суше. Суммарная биомасса океана составляет всего $0{,}03 \cdot 10^{12}$ т, или 0,13% биомассы всех существ, обитающих на Земле.

В распределении живых организмов по видовому составу наблюдается важная закономерность. Из общего числа видов 21% приходится на растения, хотя их вклад в общую биомассу составляет 99%. Среди животных 96% видов — беспозвоночные и только 4% — позвоночные, из которых только десятая часть приходится на млекопитающих. Таким образом, в количественном отношении преобладают формы, стоящие на относительно низком уровне эволюционного развития.

Масса живого вещества составляет всего 0,01—0,02% от косного вещества биосферы; если его равномерно распределить по поверхности Земли, оно покроет ее слоем всего в 2 см толщиной. Но при этом именно живое вещество играет ведущую роль в биогеохимических процессах благодаря энергетической функции. Ведь живые организмы способны черпать из окружающей среды вещества и энергию, необходимую им для обмена веществ и осуществления всех других своих функций.

14.2. Биосфера и космос

Исходной основой существования биосферы и происходящих в ней биогеохимических процессов является астрономическое положение нашей планеты, в первую очередь ее расстояние от Солнца и наклон земной оси к плоскости земной орбиты. Пространственное расположение Земли в основном определяет климат на планете, а последний, в свою очередь, — жизненные циклы всех существующих на ней организмов. Основным источником энергии для всех геологических, химических и биологических процессов на нашей планете является Солнце. Среди космических факторов особенно серьезное влияние на биосферу оказывают природно-радиацион-ный фон и магнитные поля.

Природно-радиационный фон слагается из трех компонентов:

1) природные радионуклиды (уран, торий);

2) продукты их радиоактивного распада, которые находятся во всех элементах земной коры, почве, воде, атмосфере и поглощаются всеми живыми организмами;

3) высокоэнергетические излучения, попадающие на Землю из космического пространства в виде потока фонового излучения.

Вопреки нашим страхам перед радиоактивностью, которые усилились после аварии на Чернобыльской АЭС, оказывается, что без природно-радиационного фона нормальное существование живых организмов невозможно. Это следы эпохи возникновения и первоначального существования жизни, когда более высокий уровень радиоактивности служил первым организмам дополнительным источником энергии.

Биосфера также погружена в океан электромагнитных полей космического, земного и биогенного происхождения. Практически все процессы жизнедеятельности связаны с электромагнитными полями, диапазон которых лежит в широком интервале длин волн. Многие фундаментальные биологические процессы невозможны без переноса электрических зарядов, вызывающих магнитное поле, поэтому любой организм представляет собой генератор электромагнитных сигналов.

Электромагнитный фон биосферы является эволюционным фактором, который влияет на биологические ритмы. Космические излучения, генерируемые ядром Галактики, нейтронными звездами, ближайшими звездными системами, Солнцем и планетами, пронизывают биосферу и все пространство в ней. В этом потоке разнообразных излучений основное место принадлежит солнечному излучению, которое оказывает постоянное воздействие на все явления на Земле.

Еще В.И. Вернадский писал о том, что Солнцем в корне переработан и изменен лик Земли, пронизана и охвачена вся биосфера. Более того, сама биосфера является проявлением его излучений. В ней происходит превращение солнечной энергии в новые формы земной свободной энергии (биогеохимическую энергию живого вещества биосферы), которая в корне меняет историю и судьбу нашей планеты. Таким образом, земная жизнь не является чем-то случайным. Напротив, она входит в космопланетарный механизм биосферы.

Более подробно солнечно-земные связи рассмотрел последователь Вернадского, основатель гелиобиологии А.Л. Чижевский. Он отмечал, что все самые разнообразные и разнохарактерные явления на Земле — и химические превращения земной коры, и динамика самой планеты и составляющих ее частей (атмосферы, гидросферы и литосферы) — протекают под непосредственным воздействием Солнца. Оно является основным (наряду с космическими излучениями и энергией радиоактивного распада в недрах Земли) источником энергии, причиной всего на Земле — от легкого ветерка и произрастания растений до смерчей и ураганов и умственной деятельности человека.

Связь между циклами солнечной активности и процессами в биосфере была замечена еще в XVIII в. Тогда английский астроном В. Гершель обратил внимание на связь между урожаями пшеницы и числом солнечных пятен. В конце XIX в. профессор Одесского университета Ф.Н. Шведов, изучая срез ствола столетней акации, обнаружил, что толщина годичных колец изменяется каждые 11 лет, как бы повторяя цикличность солнечной активности. Но лишь в XX в. удалось понять, что солнечная активность связана с электро-

магнитными и другими колебаниями мирового пространства. Установил этот факт Чижевский, который обобщил опыт предшественников и подвел под эти эмпирические данные твердую научную базу. Он считал, что Солнце диктует ритм большинства биологических процессов на Земле, и когда на нем образуется много пятен, появляются хромосферные вспышки и усиливается яркость короны (это характерно для периодов активного Солнца), на нашей планете разражаются эпидемии, усиливается рост деревьев, особенно сильно размножаются вредители сельского хозяйства и микроорганизмы — возбудители различных болезней. Подобное заключение было сделано после изучения наложения друг на друга графиков солнечной активности и активности биосферы.

14.3. Человек и космос

Основная масса ученых едина во мнении, что человек и человечество составляют часть живого вещества нашей планеты. Это означает, что люди также подвержены воздействию космических энергий и солнечной радиации. Например, человеческий организм, так же, как и организмы других животных, «подстраивается» к ритмам биогеосферы, прежде всего, суточным (циркадным) и сезонным ритмам, связанным со сменой времен года.

Обмен веществ у человека протекает в наследуемом из поколения в поколение циркадном ритме. В настоящее время считается, что около сорока процессов в человеческом организме подчинено строгому циркадному ритму. Например, в 1931 г. была установлена цикличность в функционировании печени человека. У людей, ведущих нормальный образ жизни и питающихся три раза в день, в первую половину дня печень выделяет наибольшее количество желчи, которая необходима для переваривания жиров и белков, расходуя запасенный гликоген и превращая его в простые разновидности сахара. Она отдает воду, образуя много мочевины, и накапливает жиры. Во второй половине дня печень начинает усваивать сахара, накапливая гликоген и воду. Объем ее клеток увеличивается в три раза.

На протяжении суток циклично колеблется содержание гемоглобина в крови, максимум его приходится на 11—13 часов, а минимум — на 16—18 часов. Суточным колебаниям подвержено содержание в крови калия, магния, натрия, кальция, железа. Ночью повышается количество солей магния, а в мозговой жидкости — количество солей калия. Данные соединения гасят нервно-мышечную возбудимость. По суточному графику работает вегетативная нервная система. Статистика утверждает, что даже рождение и смерть чаще случаются в темную часть суток, около полуночи.

Вся живая природа чутко реагирует на сезонные изменения температуры окружающей среды, интенсивность солнечного излучения — весной покрываются листвой деревья, осенью листва опадает, затухают обменные процессы, многие животные впадают в спячку и т.д. Человек не является исключением. На протяжении года у него меняется интенсивность обмена, состав клеток тканей, причем эти колебания различны в разных климатических поясах. Так, в южных районах (Сочи) содержание гемоглобина и количество эритроцитов, а также максимальное и минимальное давление крови в холодный период возрастают на 20% по сравнению с теплым периодом времени. А в условиях Севера наибольший процент гемоглобина обнаружен у большинства обследованных жителей в летние месяцы, а наименьший — зимой и в начале весны.

Циклы солнечной активности оказывают влияние и на жизнедеятельность человека. Так, обработав статистический материал по заболеваемости возвратным тифом в Европейской части России с 1883 по 1917 гг., а также холерой в России с 1823 по 1923 гг. и данные по активности Солнца, Чижевский пришел к выводу, что вспышки заболеваемости наступают синхронно с изменениями, происходящими в разных солнечных сферах. На основании построенных им графиков Чижевский еще в 1930 г. предсказал эпидемическую вспышку холеры в 1960—1962 гг., что и действительно случилось в странах Юго-Восточной Азии.

То, что состояние солнечной активности небезразлично для жизни на Земле, показывает и увеличение числа случаев заражения чесоткой в 1968 г., и неожиданно подскочившее число заболеваний клещевым энцефалитом и туляремией на вершине максимума векового цикла солнечной активности в 1957 г. (несмотря на проводившуюся, как и в прошлые годы, вакцинацию населения). Таким образом, мы обнаруживаем явную взаимосвязь человека с растительным и животным миром, в котором все жизненные циклы — заболевания, массовые перекочевки, периоды бурного размножения млекопитающих, насекомых, вирусов — протекают синхронно с одиннадцатилетними циклами солнечной активности, как и чередование грозовой и спокойной летней погоды, большего и меньшего производства растительной массы и т.д.

Гематологи пришли к выводу, что в годы максимума солнечной активности норма свертывания крови у здоровых людей увеличивается вдвое, а так как у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями способность несвертываемости крови угнетена, то при увеличении солнечных пятен учащаются инфаркты, инсульты. Поэтому сейчас никого не удивляет, когда в СМИ сообщают о неблагоприятных днях, в которые люди, больные хроническими заболеваниями, должны вести себя с осторожностью.

Приведенные факты позволяют нам говорить о влиянии космоса на физиологические процессы в отдельном человеческом организме. Но ведь одновременно человек является частью человечества, общественного организма, который также подвержен влиянию солнечной активности. Чижевский попытался установить взаимосвязь одиннадцатилетних солнечных циклов с насыщенностью историческими событиями разных периодов человеческой истории. В результате своего анализа он сделал вывод, что максимум общественной активности совпадает с максимумом солнечной активности. Средние точки течения цикла дают максимум массовой деятельности человека, выражающийся в революциях, восстаниях, войнах, походах, переселениях, являются началами новых исторических эпох в истории человечества. В крайних точках течения цикла напряжение общечеловеческой деятельности военного или политического характера понижается до минимального предела, уступая место созидательной деятельности и сопровождаясь всеобщим упадком политического и военного энтузиазма, миром и спокойной творческой работой в области государственного строительства, науки и искусства. По подсчетам Чижевского, во время минимума солнечной активности социальная активность составляет не более 5%, во время максимума — достигает 60%.

Эти идеи о связи космоса, человека и биосферы, представленные концепциями Вернадского и Чижевского, легли в основу популярной сегодня гипотезы Л.Н. Гумилева о пассионарном толчке, рождающем к жизни новые этносы. Ключевым понятием концепции этногенеза Гумилева является понятие *пассионарности,* которое он определяет как повышенное стремление к действию. Появление этого признака у человека является мутацией, затрагивающей энергетические механизмы человеческого тела. Пассионарий (носитель пассионарности) становится способным воспринять из окружающей среды энергии больше, чем необходимо для его нормальной жизнедеятельности. Избыток же полученной энергии направляется им в любую область человеческой деятельности, выбор которой определяется конкретными историческими условиями и склонностями самого человека. Пассионарий может стать великим завоевателем (Александр Македонский, Наполеон Бонапарт и т.д.) или путешественником (Марко Поло, А. Пржевальский и т.д.), великим ученым (А. Эйнштейн, И. Гете и др.) или религиозным реформатором (Будда, Христос и др.). Появление свойства пассионарности инициируется каким-то редким специфическим космическим излучением, поскольку пассионарные толчки происходят 2—3 раза за тысячелетие. Носители пассионарности появляются в зоне следа от этого излучения — в полосе шириной 200—300 км и длиной до половины окружности планеты. Если в зоне этого излучения окажутся

несколько народов, живущих в разных ландшафтах, они могут стать зародышем нового этноса.

Таким образом, по Гумилеву, этногенез — процесс энергетический, связанный с расходованием энергии, полученной этносом в момент пассионарного толчка и продолжающийся примерно 1500 лет. При этом этнос проходит ряд стадий в своем развитии, определяющихся уровнем пассионарной энергии. Первые 200—300 лет продолжается фаза подъема. Она связана с экспансией нового этноса, который создают пассионарии, ставящие перед собой задачу создания нового сильного государства и идущих для этого на любые жертвы. Затем наступает акматическая фаза, в которой пассионарное напряжение достигает высочайшего уровня за счет большого количества пассионариев, которые думают уже не столько об общих целях, сколько о своих личных интересах. Эта фаза, продолжающаяся следующие триста лет, одна из самых тяжелых в жизни этноса, так как это период гражданских войн и культурных потерь. Примером может служить Европа периода феодальной раздробленности, Россия смутного времени.

В конце концов большая часть пассионариев истребляет друг друга, что вызывает резкое падение уровня пассионарного напряжение в этносе. Это падение также связано с тем, что ушедшие пассионарии замещаются не гармоничными особями (людьми, воспринимающими норму энергии), а субпассионариями — людьми, не способными воспринять даже нормы энергии, необходимой для полноценной адаптации к среде. Люди такого типа хорошо известны — это бродяги, люмпены, босяки, бомжи. Эти признаки означают наступление фазы надлома — кризисной фазы, продолжающейся 200 лет. Жизнь в фазе надлома очень тяжела. Мы это знаем на собственном опыте, так как наша страна находится сейчас в конце этой фазы. Западная Европа пережила ее в период Реформации и Контрреформации, уплатив за свое нынешнее спокойствие не менее кровавую жатву, чем мы в XX в.

После пережитых потрясений люди хотят не успеха, а покоя. Это говорит, что этнос перешел в следующую — инерционную фазу. В ней идет некоторое повышение, а затем плавное снижение уровня пассионарного напряжения. Идет укрепление государственной власти, социальных институтов, интенсивное накопление материальных и духовных ценностей, активное преобразование окружающей среды. В этносе доминирует тип «золотой посредственности» — законопослушного, работоспособного человека. Примером служит современная Западная Европа, Киевская Русь XI—XII вв., Китай эпохи Сун. Культура и порядок в это время бывают столь совершенны, что кажутся современникам непреходящими. Но уровень пассионарного напряжения этноса постепенно снижается, что

влечет неизбежный упадок, скрытый вначале за маской процветания, которая сбрасывается после последнего фазового перехода.

Важной причиной кризиса обычно бывает резко возросшее воздействие цивилизации на природу, которая в конце концов не выдерживает этой нагрузки. Недаром все крупнейшие цивилизации древности оставили после себя, в прямом смысле слова, пустыни, занявшие место прежних плодородных земель (Вавилон, Египет и др.). Наступает фаза обскурации — старости этноса. Это происходит, когда возраст этноса составляет 1100 лет. В это время пассионарное напряжение падает до отрицательных величин за счет появление значительного числа субпассионариев. Это делает невозможной любую конструктивную деятельность, этнос существует за счет прежних запасов. В результате общественный организм начинает разлагаться: фактически узаконивается коррупция, распространяется преступность, армия теряет боеспособность, к власти приходят циничные авантюристы, играющие на настроениях толпы. Численность этноса и его территория значительно сокращаются, он может легко стать добычей более пассионарных соседей. Классический пример — Рим эпохи поздней империи, Китай с XVII вв., Русь перед нашествием татаро-монголов.

Фаза обскурации предшествует гибели этнической системы или его переходу к состоянию гомеостаза, которого может достичь лишь незначительная здоровая часть этноса. Иногда бывает возможна фаза регенерации — временное восстановление этнической системы после обскурации за счет сохранившейся на окраинах ареала обитания этноса пассионарности. Примером может служить Византия в последний период своей истории. После падения Константинополя в 1204 г. под натиском крестоносцев казалось, что великая империя погибла безвозвратно, от нее остался крохотный обломок — Никейская империя, окраина прежней Византии. Но именно из нее через 50 лет смогла возродиться византийская империя, которая, правда, была только тенью прежней великой Византии, но она просуществовала еще 200 лет. Это смогло произойти только за счет того, что в фазе обскурации именно на окраине ареала обитания этноса сохранилась повышенная пассионарность.

Но в любом случае это короткий всплеск активности накануне завершения процесса этногенеза, которым является мемориальная фаза. В этой фазе этническая система уже утеряла пассионарность, и лишь отдельные ее члены продолжают сохранять культурную традицию прошлого. Память о героических деяниях предков живет в фольклоре и легендах.

После динамических фаз этногенеза уцелевшие люди не становятся хуже, слабее или глупее прежних. Изменяются не люди, а эт-

ническая системная целостность. Раньше рядом с обычным большинством были пассионарии, многим мешавшие, но придававшие этносу сопротивляемость и стремление к переменам. Агрессивность этнической системы исчезает, но снижается и ее резистентность (сопротивляемость). А это значит, что вместо приобретений происходят только утраты.

Дальше все зависит от соседей. Если они не будут нападать, то остатки этноса будут продолжать меняться, превращаться в милых, свободных людей, гостеприимных и доброжелательных. Они продолжают терять память о прошлом, а вместе с ней и ощущение времени. На конечном этапе они просто ограничиваются констатацией смены времен года и даже просто дня и ночи. Так живут племена Центральной Африки, члены которых не знают даже, сколько им лет (притом, что они прекрасно ориентируются в джунглях). Но эти этносы живут в контакте с более пассионарными соседями, которые держат их в форме. Если же этого не будет, то остатки этноса могут просто вымереть из-за отсутствия желания жить. Такие этносы живут сегодня в некоторых заповедниках.

Переход от мемориальной фазы к законченной форме этнического гомеостаза имеет плавный характер и выглядит как постепенное забвение традиций прошлого. Жизненный цикл повторяется из поколения в поколение, система сохраняет равновесие с ландшафтом, не проявляя каких-либо форм целенаправленной активности. Этнос в это время состоит почти целиком из гармоничных людей — достаточно трудолюбивых, чтобы обеспечить всем себя и свое потомство, но лишенных потребности и способности что-либо менять в жизни. В таком состоянии этнос может существовать неограниченно долго, если только не станет жертвой агрессии, стихийного бедствия или не будет ассимилирован. Так живут коренные народы Австралии, Крайнего Севера, пигмеи Центральной Африки.

Новый цикл развития может быть вызван лишь очередным пассионарным толчком, при котором возникает новая пассионарная популяция. Но она не реконструирует старый этнос, а создает новый, давая начало очередному витку этногенеза — процессу, благодаря которому человечество не исчезает с лица Земли.

14.4. Человек и природа

Человек, как было отмечено выше, является частью биосферы. Все необходимое для жизни — воду, пищу, значительную часть энергии и строительного материала своих органов — он получает из биосферы. В биосферу человек сбрасывает отходы своей жизнедея-

тельности. Долгое время природа перерабатывала эти отходы и сохраняла свое равновесие. Однако в последнее столетие вмешательство человека в природные процессы стало не только слишком сильным, но чрезмерным по своим масштабам. По представлениям биологов, в природе действует «правило 10%», согласно которому она в экстремальных ситуациях способна выдержать десятикратную нагрузку по сравнению с обычной. Человек своим воздействием на природу вплотную подошел к этому рубежу, и поэтому сегодня среди прочих глобальных проблем человечества возникла щобальная экологическая проблема сохранения жизни на Земле.

Воздействие человека на природу в ходе развития общества

Интересно проследить, как в процессе общественного развития возрастало воздействие человека на окружающую среду. В ходе эволюции человек от первоначального потребления природных богатств перешел к активному вмешательству в живую природу и ее преобразованию. Он создал искусственную среду обитания: предметы материальной и духовной культуры, искусственные экологические системы, технику и т.п. Первая созданная человеком культура — палеолит (каменный век) — существовала примерно 20—30 тыс. лет. Она совпала с периодом длительного оледенения. Экономической основой жизни человеческого общества тогда был присваивающий тип хозяйства — собирательство и охота на крупных животных (оленей, носорогов, ослов, лошадей, мамонтов). На стоянках человека каменного века ученые находят многочисленные кости диких животных, доказывающую успешность охоты наших предков. Именно так были истреблены и исчезли с лица Земли многие виды животных.

Несмотря на трудные условия, человек в это время сумел распространиться на значительной территории планеты, создав социальный организм — общество, основанное на совместном труде и коллективной памяти. Тем не менее, человек палеолита еще продолжал оставаться частью природы, пользуясь ее дарами и не начиная ее сознательного переустройства, он еще вписывался в естественные биогеохимические циклы биосферы, и антропогенное воздействие на них было незначительным.

Но 10—12 тыс. лет назад наступило резкое потепление, ледник отступил, леса распространились в Европе. Там же появился и человек, истребивший к этому времени большую часть животных, составлявших его пищу. Таким образом, изменилась экологическая база человеческого общества. Это привело к первому (за время су-

шествования человека на Земле) экологическому кризису — перенаселению планеты. Ведь человек палеолита жил в основном небольшими группами, средняя численность которых составляла около 50 человек, а чтобы прокормить такое количество людей с помощью собирательства и охоты нужна территория до 900 $км^2$. Так, на площади, равной современной Украине, могли прокормиться всего 30—40 тыс. человек.

Это означало, что закончился период использования человеком готовых, созданных природой средств существования. В новых условиях необходимо было активно добывать и перерабатывать природные продукты. Для этого нужно было отказаться от присваивающего типа хозяйства в пользу производящего. Это и было сделано в ходе так называемой *неолитической революции,* которая завершилась около 7 тыс. лет назад. Но сама эпоха неолита (нового каменного века) началась около 10 тыс. лет назад, когда стали появляться первые поселения, в которых археологами были обнаружены остатки пшеницы, ячменя, чечевицы, а также кости домашних животных — коз, овец и свиней. Люди предпринимали первые попытки одомашнивания животных, разведения растений, начинали производство керамики. Так, постепенно, наряду с охотой и собирательством все большее значение стали приобретать земледелие и скотоводство — производящие типы хозяйства.

Зачатки земледельческого и скотоводческого хозяйства сформировались в разных местах Передней и Средней Азии, Кавказа, Южной Европы. Постепенно развивалось подсечное земледелие, начиналось освоение минеральных ресурсов, зарождалась металлургия. Это и была неолитическая революция — переход к производящему хозяйству. Она стала способом решения экологического кризиса. Ценой, которую человечество заплатило за это, стало уменьшение численности населения в 8 раз. Революция завершила эру животной жизни человека, с нее началось целенаправленное его вмешательство в природные процессы, трансформация биосферы под свои потребности. Возникли антропоценозы — сообщества организмов, в которых человек являлся доминирующим видом, а его деятельность определяла состояние всей системы.

На этом этапе развитие человеческого общества и культуры пошло значительно быстрее. Появились первые цивилизации на Древнем Востоке, затем в Древней Греции возникли частная собственность и наука, ставшие основой европейской, а затем и мировой цивилизации. В это же время происходят радикальные изменения в обществе, на смену родоплеменным структурам пришло рабовладение, классовая структура, аристократическое государство, религия и философия. Так было определено лицо феодализма и раннего капитализма в Европе. Традиционные общества Азии основывались на азиатском способе производства.

Этот этап истории культуры и общества основывался на второй, *технологической, революции,* которая произошла в эпоху неолита (первая революция была связана с овладением огнем и созданием орудий труда). Но как первая революция привела к первому экологическому кризису (перенаселению), так и вторая технологическая революция вызвала второй экологический кризис. Он был связан с истощением растительности и почв в результате подсечно-огневого земледелия, ошибок при построении и эксплуатации ирригационных сооружений, вызывавших засоление почв. Результатом стало образование пустынь — Сахары в Африке, Каракумов и других пустынь в Центральной и Средней Азии. Таким образом, данный экологический кризис привел к гибели большинство древних цивилизаций нашей планеты.

Тем не менее, в Европе цивилизация продолжала развиваться. Особенно эти *процессы* ускорились после того, как произошла первая глобальная научная революция XVI—XVII вв., повернувшая науку лицом к практическим потребностям производства. Позднее в Европе утвердился настоящий союз науки, в котором техника проектировалась на основе научных теорий. Технологическим центром индустриального производства становится машина, которая вначале работала на паровом двигателе, а в XX в. стала использовать в качестве движителя почти все формы движения материи — электричество, электромагнитное поле, ядерные взаимодействия, химические и биологические процессы. С этого момента человек, его разум, воплощенный в научную мысль, и его деятельность стали фактором планетарного масштаба, направляющей силой дальнейшей эволюции биосферы. Человечество становится доминирующим видом среди живого вещества биосферы.

Сегодня человек освоил не только всю территорию нашей планеты, не оставив ни одного незаселенного уголка (даже в Антарктиде есть научные станции), но и вышел в космос (пока, правда, только в околоземное космическое пространство), освоение которого уже вполне реально является делом завтрашнего дня, ближайшего будущего.

Все это позволило В. И. Вернадскому назвать не только живое вещество планеты, но, прежде всего, человека, вооруженного научной мыслью, величайшей геологической силой современности. Если живое вещество создавало современный облик нашей планеты в течение миллионов и миллиардов лет, то человек своей деятельностью меняет его на наших глазах, демонстрируя поистине безграничные возможности в деле переустройства природы.

Тысячелетия, прошедшие после неолитической революции, стали эпохой покорения природы, когда она сама не принималась во

внимание в качестве активного партнера для человечества. Особенно это характерно для европейской цивилизации, которая приняла христианский тезис о сотворении мира для человека, считающегося господином этого мира, имеющим право делать с этим миром все, что угодно.

Масштабы созданной человечеством материальной культуры поистине огромны. Темпы ее развития постоянно увеличиваются и вместе с этим увеличивается и воздействие человека на биосферу.

Уровень воздействия человека на окружающую среду зависит в первую очередь от технической вооруженности общества. Она была крайне мала на начальных этапах развития человечества. Однако с развитием общества, техническим прогрессом ситуация изменилась коренным образом. XX столетие, сформировавшее качественно новые отношения науки, техники и технологии, колоссально увеличило масштабы воздействия общества на природу, поставило перед человечеством целый ряд чрезвычайно острых проблем.

По силе своего воздействия на планету техника сегодня в состоянии как минимум на равных спорить с живым веществом. По результатам преобразования окружающей среды с помощью техники можно уже говорить о новом ее состоянии — *техносфере.* Это понятие отражает совокупность технических устройств и систем вместе с различными видами технической деятельности человека. Ее структура достаточно сложна, так как включает в себя техногенное вещество, технические системы, живое вещество, верхнюю часть земной коры, атмосферу, гидросферу. Более того, с началом эры космических полетов техносфера вышла далеко за пределы биосферы и охватывает уже околоземное космическое пространство.

Техносфера все больше преобразует природу, изменяя прежние и создавая новые ландшафты, активно влияя на другие сферы и оболочки Земли. Однако пока что наука и техника нацелены на максимальную эксплуатацию природных ресурсов, удовлетворение нужд человека и общества любой ценой. Последствия такого воздействия на природу удручают. Техногенные ландшафты, уничтожение жизни в целых регионах — отрицательные плоды технического воздействия человека на окружающую среду. Все это говорит о новом экологическом кризисе, источником которого стала НТР, начавшаяся в середине XX в. На данный момент человечество в ходе своего вмешательства в природу уничтожило около 70% естественных экологических систем. Понятно, что такая активная деятельность существенно влияет на характер процессов в биосфере: рост искусственной среды приводит к разрушению естественной. Современное состояние отношений между человеком и природой может быть охарактеризовано как экологический кризис.

Современный экологический кризис и его специфика

Обостряющийся сегодня экологический кризис уже не первый в геологической истории Земли. Только на памяти человечества это, как минимум, третий по счету кризис. Однако масштабы современного кризиса превосходят масштабы предыдущих. А в геологической истории нашей планеты это, по мнению биологов, второй крупнейший глобальный экологический кризис. Как уже отмечалось выше, биосфера Земли насчитывает около 4 млрд. лет. Первыми организмами на Земле были анаэробные (бескислородные) организмы, которые погибли в ходе естественного отбора и борьбы за существование со вторичными организмами, выделявшими в больших количествах кислород. Таким образом, для первичных организмов создание кислородной атмосферы было катастрофой — глобальным экологическим кризисом, в ходе которого большинство этих организмов исчезло с лица Земли.

В дальнейшей истории биосферы Земли постоянно вымирало большее или меньшее количество видов. Таким образом, можно говорить о том, что экологические кризисы в истории биосферы происходили многократно. Одним из наиболее известных кризисов стало исчезновение динозавров, давшее шанс для развития млекопитающим.

Все перечисленные выше кризисы имели естественные причины. Но с появлением человека основной причиной кризисов стало его воздействие на окружающую среду, которое резко возросло в XX в. С этого момента главнейшим фактором глобального экологического кризиса на Земле стал человек. Если два первых кризиса имели локальный характер, то современный кризис охватил всю планету, поставив под угрозу существование самого человека как вида и, даже всей биосферы в целом.

Симптомом современного экологического кризиса является *нарушение биотического круговорота* вещества — человек стремится взять из природы как можно больше, забывая, что ничто не дается даром. Ведь глобальная экосистема — это единое целое, в рамках которой ничто не может быть выиграно или потеряно и которая не может являться объектом всеобщего улучшения. Все, что было извлечено из нее человеком, должно быть рано или поздно возмещено.

Не учитывая эту аксиому, человек разомкнул существовавшие миллионы лет биотические круговороты и вызвал антропогенное выпадение химических элементов. Так, в доисторический период в почвах Земли было 2000 млрд. т углерода, в конце 1970-х гг. — 1477 млрд. т, т.е. в год в среднем теряется 4,5 млрд. т углерода. Причем эти потери существуют в виде таких отходов, которые природа переработать не может. Постоянно растет потребление человеком энергии. Сего-

дня оно достигло 0,2% всей солнечной энергии, падающей на Землю. Это сопоставимо с энергией всех земных рек и годовой энергией фотосинтеза. Результат — усиление загрязнения и нарушение термодинамического равновесия биосферы. В настоящее время оно проявляется в глобальном потеплении, которое может привести к повышению уровня Мирового океана, нарушению переноса влаги между морем и сушей, сдвигу климатических поясов, т.е. к глобальному изменению климата.

Еще один признак экологического кризиса — *истощение ресурсов редуцентов и продуцентов.* Сокращается биомасса микроорганизмов. Вследствие этого, а также в результате роста отходов человека нет достаточного уровня самоочищения среды жизни. Более того, возникают негативные для биосферы и опасные для человека новые формы микроорганизмов, причем некоторые формы создает сам человек.

Уже в конце 1980-х гг. под угрозой исчезновения было 10% всего видового состава растений. Растительная биомасса снизилась более чем на 7%, объем фотосинтеза сократился на 20%. Как считают некоторые ученые, за время существования человека живое вещество в целом потеряло до 90% генного разнообразия.

Это то, что человек принес природе. Но ведь человек по-прежнему остается частью природы, частью биосферы Земли. Поэтому негативные последствия глобального экологического кризиса становятся все заметнее и для него, природа отвечает человеку.

Прежде всего, во весь рост встает знаменитая проблема Мальтуса, сформулированная им еще в конце XVIII в., — *проблема несоответствия растущих потребностей увеличивающегося в геометрической прогрессии человечества и уменьшающихся запасов ресурсов* оскудевающей планеты (их производство растет в арифметической прогрессии). Если самого Мальтуса беспокоило несоответствие роста населения росту производства пищи, то теперь ситуация стала значительно сложнее. Мы уже говорили о стремительном опустошении запасов углеродного топлива. Как страшный кошмар перед человечеством вырисовывается перспектива неминуемого исчерпания запасов угля, нефти и газа. Продолжает уменьшаться продуктивность биоты Мирового океана, плодородие почв, большое количество плодородных земель выводится из обращения городской застройкой и промышленным строительством, растут свалки. В некоторых районах земного шара деградация природной среды видна отчетливо и приобретает характер катастрофы. Отбросы собственной жизнедеятельности душат человечество.

И все это протекает на фоне демографического взрыва, принявшего угрожающий характер. Так, две тысячи лет назад числен-

ность населения Земли составляла около 250 млн. человек. Удвоение численности произошло в середине XVII в. В середине XIX в. нас стало 1 млрд. А к концу XX в. население Земли составило уже более 6 млрд. человек. По прогнозам демографов, если рост населения составит 2%, то к 2020 г. нас уже будет около 8 млрд.! Поэтому и в наши дни значительная часть населения Земли — до 600 млн. человек — голодает или недоедает. А ведь людей нужно не только накормить, им нужно обеспечить хотя бы минимум из того, что может дать современная цивилизация в области здравоохранения, образования и пр.

Помимо этой, очень серьезной проблемы, человечество вскоре столкнется еще с одной угрозой своему существованию. *Это нарастающая интенсивность мутагенеза и рост генетической неполноценности человечества.* Показатели этих процессов опасно возрастают. Какое-то количество неполноценных детей всегда присутствует среди новорожденных — это цена генетического разнообразия. В былые времена такие дети чаще всего погибали или, во всяком случае, не могли оставлять потомства. Благодаря успехам современной медицины эти дети сегодня не только выживают, но многие из них дают потомство, тоже неполноценное. Это и приводит к непрерывному не только абсолютному, но и относительному росту числа людей с генетическими отклонениями. Таким образом, отбор не может справиться с интенсивным потоком «искусственных» мутаций, возникающих под влиянием концентрированных мутагенных отходов — тяжелых химических элементов и соединений, а также радиации.

Но самым главным, что ухудшает структуру генофонда человечества и повышает частоту рождения неполноценных детей, является давление социальных факторов, прежде всего, алкоголизма и наркомании. К этому стоит добавить возрастание интенсивности мутагенеза за счет урбанизации и перенаселенности. Не может не беспокоить и возможное снижение интеллектуального потенциала человечества — войны и разного рода геноциды ударяют прежде всего по наиболее талантливой и активной части человечества.

У каждой популяции существует некоторый порог допустимого размывания генофонда, тот процент неполноценных особей, за которым уже никакой естественный отбор не сможет восстановить его качество и предотвратить деградацию популяции. Человек не являет собой исключения. Можно спорить о конкретных числовых оценках, но через несколько поколений, может быть, уже к началу XXII в., человечество, если экстраполировать современные тенденции, вероятно, подойдет к этому опасному рубежу. И обратного хода эволюционному процессу тогда уже не будет. Иначе говоря, без карди-

нальных изменений условий жизни человека генетическая деградация вида Homo sapiens неизбежна.

Если генетическая патология — проблема, которую будут решать наши потомки, то *появление новых вирусных заболеваний* угрожает человечеству уже сейчас. Их появление связано с антропогенным загрязнением окружающей среды. Среди таких «новинок» — вирус иммунодефицита человека, не поддающийся пока лечению. Появление новых вирусов ученые объясняют тем, что уничтожение одних возбудителей болезней освобождает экологические ниши для новых организмов. Кроме того, высокая численность и плотность населения, интенсивные контакты делают чрезвычайно вероятными массовые заражения и эпидемии.

Все более серьезной проблемой становится *рост нервно-психических заболеваний.* Число больных неврозами за последние сорок лет выросло в 24 раза. Причина этого — в самом человеке. Ведь в городах мы ведем очень интенсивную трудовую деятельность, испытываем многочисленные стрессы, а загрязненная окружающая среда провоцирует нервные срывы.

Итак, современная ситуация может быть оценена как глобальный экологический кризис, у которого существуют две стороны — кризис природы и кризис человека, причем оба они углубляются и расширяются. В результате перед нами встает грозная проблема, которая не обсуждается даже специалистами, — проблема потери возможной устойчивости (стабильности) биосферы как целостной системы, частью которой является человечество. Результатом потери стабильности нынешнего квазиравновесного состояния будет переход биосферы, как всякой нелинейной системы, в новое, неведомое нам состояние, в котором человеку может не оказаться места.

Биосфера как саморегулирующаяся система до поры до времени могла компенсировать изменяющиеся внешние нагрузки. На протяжении миллионов лет удерживались параметры биосферы в том узком интервале их значений, в котором только и мог возникнуть наш биологический вид. И это регулирование обеспечивалось несмотря на то, что за время существования планеты биосфера Земли неоднократно подвергалась дополнительным внешним нагрузкам — колебаниям солнечной активности, падениям метеоритов, интенсивному вулканизму и т.д. Но теперь основной опасностью для стабильности биосферы становится человек. И есть основания полагать, что компенсационные возможности биосферы либо уже нарушены, либо находятся на пределе своих возможностей.

Биосфера обладает колоссальной способностью к самоочищению. К сожалению, эта способность природы не безгранична. Антропогенное воздействие на природу поставило под угрозу нор-

мальное осуществление присущих ей биотических процессов, нарушили равновесное состояние биосферы. Антропогенная нагрузка на окружающую природную среду достигла сегодня таких масштабов, что привела к глобальному экологическому кризису. Многие ученые считают, что мы стоим на грани настоящей катастрофы, так как порог устойчивости биосферы превзойден уже в 5—7 раз.

Для оценки предельной возможности биосферы Земли существуют две модели: ресурсная и биосферная.

Ресурсная модель допускает предельную численность населения на Земле не более 8 млрд. человек. Согласно этой модели при эффективном использовании ресурсов и наличии двух детей в каждой семье численность населения на протяжении XXI в. оставалась бы примерно одинаковой и равной 7,7 млрд.

Биосферная модель оценивает порог устойчивости биосферы всего в 1—3 млрд. человек. А нас — уже больше 6 миллиардов! Таким образом, с точки зрения этой модели устойчивость биосферы была нарушена уже в начале XX в.

Учеными определен индекс антропогенной нагрузки, позволяющий оценить разрушительное воздействие разных стран на природу. Этот индекс показывает, что в разрушение биосферы наибольшую долю вносят высокоразвитые и густонаселенные страны мира — Япония, Германия, Великобритания. Если индекс антропогенной нагрузки всего мира оценивается в единицу, то у названных стран он больше в 10—15 раз. Индекс антропогенной нагрузки России — 0,85.

Чем нам может грозить потеря стабильности биосферы? Биосфера является сложной нелинейной системой. Если такая система теряет стабильность, то начинается ее необратимый переход в некое квазистабильное состояние. И более чем вероятно, что в этом новом состоянии параметры биосферы окажутся неподходящими для жизни человека, а может быть, и жизни вообще. Кроме того, подобный переход, вызванный потерей устойчивости равновесия, происходит со скоростью, нарастающей по экспоненте. Другими словами, катастрофа может разразиться совершенно неожиданно и столь стремительно, что никакие наши действия уже ничего не смогут изменить. Поэтому *проблема изучения стабильности биосферы должна превратиться в одно из основных направлений фундаментальных исследований.* Но самое главное — должна появиться новая стратегия цивилизации, согласованная со стратегией природы, — стратегия выживания. Для этого нам предстоит научиться изучать биосферу как единый целостный организм и соизмерять свой образ действий с реакцией на него этого общепланетарного организма. Поэтому так важно создать концепцию перехода, а затем и будущего челове-

ческой культуры и цивилизации. Немалую помощь в этом может оказать учение о ноосфере В. И. Вернадского.

14.5. Концепция ноосферы В.И. Вернадского

Понятие ноосферы

Современная биосфера является результатом длительной эволюции всего органического мира и неживой природы нашей планеты. В ее эволюции принимает участие и сам человек, воздействие которого на природу постоянно усиливается и по своим масштабам сегодня превосходит действие геологических процессов. Биосфера Земли все больше становится управляемой человеческим разумом, постепенно превращаясь в ноосферу.

Еще в 1920—1930 гг. В.И. Вернадский, размышляя о геологической роли человека, вооруженного научной мыслью (разумом), пришел к выводу, что геохимическая роль человека определяется не его массой (хотя численность человечества постоянно растет), а производственной деятельностью. Это значит, что важнейшим фактором, от которого зависит жизнь на нашей планете, становится разумная коллективная деятельность человека.

Для Вернадского было очевидным, что биосфера под влиянием разумной человеческой деятельности переходит в качественно новое состояние.

Это новое состояние биосферы, преобразованной человеческой мыслью и трудом, Вернадский назвал ноосферой.

Существенной характеристикой ноосферы является поддержание глобального равновесия системы на основе оптимального сочетания социально-исторических и естественно-природных законов.

Сам термин «ноосфера» (от греч. слова noos — разум в прямом переводе означает «сфера разума». В широкий научный обиход этот термин был введен французскими учеными и философами Э. Леруа и П. Тейяром де Шарденом, которые, по их собственному признанию, впервые использовали его после парижских лекций В.И. Вернадского 1922—1926 гг. Вернадский, знакомый с ними, тоже стал использовать данный термин. Однако если французские ученые понимали под ноосферой некий «мыслящий пласт», который устанавливается в земной жизни, в жизни людей под влиянием «Центра-Омеги» (Бога), то Вернадский подходил к идее ноосферы с сугубо материалистических позиций. Концепция ноосферы Вернад-

ского явилась логическим завершением многолетней работы ученого над проблемами живого вещества и биосферы.

С появлением человека на Земле начинается процесс *ноосферогенеза* — превращения биосферы в ноосферу. По мнению Вернадского, появление и существование человека в биосфере определяет высшую ступень ее развития. Само появление человека представляет собой переход от простого биологического приспособления живых организмов к разумному поведению и целенаправленному изменению окружающей среды разумными существами. Живое вещество планеты при этом активно приспосабливается к новым условиям существования. Происходит взаимное совместное влияние природы на человека и человека на природу, и человек теперь несет ответственность за эволюцию жизни.

Необходимые предпосылки для создания ноосферы

Развивая свои представления и идеи о взаимосвязи биосферы и человека, Вернадский выделил необходимые предпосылки для создания ноосферы.

1. *Человечество стало единым целым, заселив при этом всю планету.* В начале XXI в. события, произошедшие в захолустном уголке любой точки любого континента или океана, отражаются и имеют следствия — большие и малые — в ряде других мест, всюду на поверхности Земли. Можно отметить, что данное условие выполнено. На Земле не осталось ни одного уголка, не подвергшегося в той или иной степени воздействию человека. Более того, человек вышел в космос, расширив верхнюю границу биосферы. Появились различные международные организации, которые обеспечивают сотрудничество разных государств в различных сферах деятельности. Это способствует сближению взглядов народов разных стран на пути развития всего человечества.

2. *Преобразование средств связи и обмена информацией,* которые сегодня обеспечивают мгновенную ее передачу. С помощью радио, телевидения, системы Интернет мы моментально узнаем о событиях в любой точке земного шара. Таким образом, данное условие также можно считать выполненным.

3. *Реальное равенство людей как необходимое условие ноосферы.* Это условие еще не достигнуто, но есть большие успехи в этой области. В законодательстве большинства стран записаны статьи о равенстве всех людей перед законом независимо от их расовой, этнической принадлежности, вероисповедания и т.д. Практически исчезли с карты мира колонии и зависимые страны, народы которых теперь развиваются самостоятельно. Конечно, существуют

примеры того, как в некоторых странах ущемляются права человека, но подобные случаи осуждаются мировым сообществом.

4. *Поднятие общего уровня жизни как условие реального равенства людей, а также возможность влияния народных масс на ход государственных и общественных дел.* С выполнением этого пункта дело обстоит далеко не благополучно. Если в странах Западной и Южной Европы, Скандинавии, США и Канаде, Австралии, Японии благосостояние населения за последние полвека непрерывно растет, то в развивающихся странах ситуация складывается намного хуже. Треть населения земного шара живет в условиях нищеты, голода, в отсутствие достаточной медицинской помощи. Более того, пропасть между бедными и богатыми в последнее время непрерывно растет, разница в образе жизни становится не только количественной, но и качественной.

5. *Развитие энергетики, открытие и использование новых видов энергии, необходимых для подъема уровня жизни.* Это условие выполняется. В XX в. человек стал использовать в качестве источника энергии не только воду, ветер, уголь, нефть и газ, но и ядерную энергию. Кроме того, есть электростанции, использующие энергию приливов и геотермальных (подземных горячих) вод, идет работа по созданию термоядерных электростанций.

6. *Исключение войн из жизни общества.* Это условие Вернадский считал очень важным для создания ноосферы. К сожалению, пока человечество не может обходиться без войн. В XX в. мы пережили две мировые войны и долгое время балансировали на грани третьей мировой войны — глобального ядерного конфликта. В настоящее время эта угроза отодвинулась, хотя полностью исключить такую возможность нельзя. Не обходится человечество и без локальных войн, которые постоянно идут в разных уголках земного шара, и в этих войнах каждый день гибнут люди.

Таким образом, мы видим, что часть предпосылок, перечисленных Вернадским, уже существует, но некоторые проблемы нам еще предстоит решить. Важно отметить, что создание предпосылок перехода к ноосфере стало возможным только в результате взрыва научной мысли в XX в.

Поэтому ноосферу следует рассматривать как высшую стадию развития биосферы, связанную с возникновением и развитием в ней человеческого общества, которое, познавая законы природы, становится крупнейшей планетарной силой, превышающей по своим масштабам все известные геологические процессы. Становление ноосферы теснейшим образом связано с овладением всеми формами движения материи и созданием новых живых организмов с помощью методов и средств биотехнологии и генной инженерии.

Коэволюция человека и биосферы

Вернадский одним из первых выделил основную особенность биосферы, выражающуюся в постоянном повышении жизнепригодности среды обитания. Иными словами, живое вещество обладает уникальной способностью к экологическому самообеспечению. Это часть механизма саморегуляции биосферы, появившаяся в результате естественного отбора.

Данный вектор отбора обеспечил восходящее развитие материального мира вплоть до появления человека. И сейчас мы подошли к такому моменту развития биосферы, в котором человечество должно обрести способность к экологическому самообеспечению. Но ноосфера, в отличие от биосферы, не может формироваться стихийно, поэтому так необходима сознательная деятельность людей на основе изучения и практического применения законов экологии, согласования с ними своей хозяйственной деятельности.

Также необходимо отметить, что для создания ноосферы нужен план, построенный на опережающей модели оптимального взаимодействия природы и общества по всем параметрам обменных процессов. Однако, становясь основным регулятором взаимоотношений общества и природы, человек должен быть весьма осторожным, ведь цена ошибки неимоверно велика — под угрозу поставлена жизнь человечества и само существование жизни на Земле.

Таким образом, будущее человечества невозможно без активного вмешательства Разума в судьбу не только общества, но и природы. Биосфера Земли неизбежно претерпит существенные изменения в интересах человечества. Но измениться должно и поведение человека, который не имеет права забывать об интересах биосферы, а должен ставить их так же высоко, как и свои собственные интересы. Такие взаимоотношения человека и биосферы называются *коэволюцией.*

Результатом должно стать появление новой нравственности у человека, смена стандартов и идеалов, норм и ценностей. Человеческая цивилизация должна пойти по новому пути — не покорения природы, а жизни в ладу с ней. Для этого потребуется новое мировоззрение, основные признаки которого перечислены ниже.

1. Главной задачей человечества должно стать восстановление биосферы. Человечество должно понять, что биосфера дошла до критической точки в своем развитии, поэтому те средства, которые уходят на финансирование военных и прочих конфликтов, нужно направить на спасение нашего общего дома — планеты Земля.

2. Для этой цели человечество должно объединиться, забыв о своих разногласиях.

3. Потребуется экологическая перестройка мировой экономики в целях снижения техногенного воздействия на природу. Так, эколо-

гическое равновесие в земледелии возникает лишь при соотношении 40% культурных площадей к 60% естественных экосистем, а современное состояние этому не соответствует. Поэтому нам неизбежно придется сократить производство.

4. Необходимо будет сократить и численность народонаселения. Сейчас нас более 6 млрд, и это в 2 раза больше оптимума. Дальнейший рост народонаселения приведет к повышению антропогенной нагрузки на биосферу, а в конечном итоге к гибели всего человечества.

5. Невозможно будет обойтись без разумного сокращения материальных потребностей. Ведь совсем не обязательно выбрасывать одежду только потому, что она вышла из моды, каждый год покупать себе новый автомобиль и другие предметы — признаки «красивой» жизни. Конечно, аскетизм излишен, но от многих искусственно сформированных (прежде всего, с помощью рекламы) потребностей придется отказаться.

6. И, наконец, у каждого человека должны быть воспитаны уважение и любовь к природе. Мы должны подходить к природе не с позиций потребителя, хозяина (именно такое отношение привело нас к экологическому кризису), а с позиций партнерства, сотрудничества и уважения.

В ноосфере, так же как и в биосфере, происходит замкнутый кругооборот веществ, все утилизируется, снова переходит в полезный продукт и используется, но при этом человек активно участвует в этом процессе. Сам человек, его производительные силы и социум становятся частью ноосферы: они непрерывно обмениваются веществом, энергией и информацией с биосферой. Человек перестает быть просто потребителем, живущим только за счет биосферы, угнетающим и подавляющим ее. Он становится звеном в сложной системе «неживая природа — живая природа — человек — мышление человека». Предполагается, что каждый компонент этой системы можно рассматривать не только как сумму человеческих знаний, а как физическое существование в пространстве человеческого разума.

Разумеется, эти непростые требования многим покажутся чрезмерными и вызовут возмущение. К сожалению, общественное сознание пока не готово принять их в целом. Но определенные **шаги** в нужном направлении человечество все же сделало.

14.6. Охрана окружающей среды

Во второй половине XIX — начале **XX** вв. у большинства людей благодаря успехам науки и техники сложилось представление об

абсолютном превосходстве человека над природой. А последовавшие успехи в освоении космического пространства, в области микроэлектроники и компьютерной техники, химической промышленности только усилили антропоцентризм — представление о человеке как о центре Вселенной, сложившееся еще с эпохи Возрождения. Люди стали забывать, что они — тоже часть природы, биологический вид, что в их жизни невозможно обойти законы природы, их можно только использовать.

Тем не менее, противоположная точка зрения, трезво оценивавшаяся возможности человека и перспективы безудержного развития науки и техники, также имела место, хотя ее сторонников было не так уж много. Еще в ноябре 1913 г. в Швейцарии собралось первое Международное совещание по вопросам охраны природы с участием представителей 18 крупнейших государств мира. К сожалению, в то время опасность загрязнения окружающей среды была еще не осознана ни большинством ученых, ни политиками. Поэтому на международном уровне к анализу этих проблем вернулись лишь в 1960—1970-е гг. Координацию действий на себя взяла ЮНЕСКО — Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры, созданная в 1946 г. и объединяющая сегодня около 200 государств.

В наши дни вопросами охраны окружающей среды занимаются такие международные организации, как Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Всемирная метеорологическая организация (ВМО), Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), Международный союз по охране природы и природных ресурсов (МСОП), известный своими Красными книгами, в которых перечисляются виды растений и животных, находящиеся под угрозой исчезновения. Кроме того, существует программа ООН по охране окружающей среды — ЮНЕП, в рамках которой проводятся многолетние целевые международные подпрограммы, такие, как «Арктический совет», «Балтика XXI век» и т.д.

Осмыслению нарастающей угрозы во многом способствовала деятельность Римского клуба — неправительственной международной организации, объединившей около ста ученых, представителей политических и деловых кругов из разных стран. Эта организация была основана в 1968 г. итальянским общественным деятелем Аурелио Печчеи, поставив своей целью углубление понимания особенностей развития человечества в эпоху НТР и привлечение внимания мировой общественности к нарастающему обострению глобальных проблем.

А. Печчеи и его единомышленники проанализировали существовавшие в то время общемировые тенденции и пришли к выводу, что при сохранении существующих тенденций научно-технического

развития и темпов экономического роста человечество ожидает глобальная катастрофа уже в первой половине XXI в. Именно в докладах Римского клуба впервые прозвучали факты, подтверждавшие гибельный путь развития западной цивилизации. В этих докладах впервые было указано на то, что Земля не в состоянии разместить непрерывно растущее население и удовлетворить его постоянно растущие потребности, желания и прихоти. Именно Римский клуб отметил новый, все более глубокий раскол между сверхразвитыми и слаборазвитыми странами. Сегодня соотношение доходов 20% наиболее богатых жителей планеты и 80% всех остальных составляет 82,7 : 17,3 = 4,8. Чтобы поднять уровень жизни 80% населения до уровня 20%, при нынешних технологиях пришлось бы увеличить объем потребления ресурсов примерно в 20 раз, а с учетом грядущего к середине XXI в. удвоения численности населения — в 40 раз, что нереально, так как приведет к полному исчерпанию большей части природных ресурсов.

Также важно отметить, что Печчеи подчеркивал системный характер глобальных проблем, то, что они существуют в комплексе, — проблемы демографии, безработица, недоиспользование социальных и экономических возможностей общества, дефицит и нерациональное управление ресурсами, инфляция, отсутствие безопасности и гонка вооружений, загрязнение среды и разрушение биосферы.

Усилия, предпринятые как международными организациями, так и отдельными людьми, не прошли даром. И в июне 1972 г. в Стокгольме состоялась первая международная конференция ООН по проблемам окружающей среды, после которой прошли многочисленные совещания на уровне правительств и научных организаций. Именно тогда прозвучало предостережение об угрозе существования, с которой наша планета столкнулась впервые в своей истории. Как следствие, в Заключительном акте совещания в Хельсинки по безопасности и сотрудничеству в Европе (1975) много внимания было уделено проблемам охраны окружающей среды, и главы государств подтвердили, что защита окружающей среды, охраны природы и рациональное использование ее ресурсов — одна из важнейших задач.

В 1987 г. Всемирная комиссия ООН по окружающей среде и развитию опубликовала доклад «Наше общее будущее» премьер-министра Норвегии Г.Х Брундтланд, возглавлявшей работу комиссии. В нем впервые был употреблен термин «устойчивое развитие», под которым понималось такое движение вперед, при котором достигалась возможность удовлетворения потребностей нынешнего поколения людей без лишения подобной возможности будущих поколений.

Следующий шаг был сделан в 1992 г. на конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро. Она считается

вехой, отмечающей сознательный поворот нашей цивилизации на новый путь развития, при котором человек умерит свой эгоизм и постарается жить в ладу с Природой. Были проанализированы существующие экологические проблемы (их мы называли выше). Человечество осознало глобальную экологическую опасность и угрозу своей гибели, необходимость поиска новых путей выхода из создавшегося положения. Результатом этой конференции стала концепция устойчивого развития, т.е. переход мирового сообщества к развитию на базе экологически целесообразного природопользования, обеспечивающего высокое качество жизни для людей целого ряда поколений.

На этой конференции была принята Декларация по окружающей среде и развитию. В ней содержится 27 рекомендаций, раскрывающих суть устойчивого развития. Назовем наиболее важные из них:

- в центре внимания должны находиться люди, имеющие право на здоровую жизнь в гармонии с природой;
- для достижения устойчивого развития защита окружающей среды должна стать неотъемлемой частью процесса развития;
- необходимым условием устойчивого развития является искоренение нищеты, уменьшение разницы в уровне жизни людей и более полное удовлетворение потребностей большей части человечества;
- государства должны осуществлять сотрудничество в духе глобального партнерства, особую ответственность при этом должны нести развитые государства с учетом того воздействия, которое они оказывают на окружающую среду, уровня их технологий и объема финансовых ресурсов, находящихся в их распоряжении;
- необходимо ограничить и ликвидировать несоответствующие устойчивому развитию модели производства и потребления, а также проводить соответствующую демографическую политику;
- следует делиться знаниями и новыми технологиями для достижения устойчивости развития;
- участие населения в решении экологических проблем должно развиваться и поощряться, требуется широкий доступ населения к экологической информации;
- в процессе охраны окружающей среды целесообразно использование экономических инструментов: кто загрязняет окружающую среду, тот и должен нести финансовую ответственность за это. Иными словами, необходим переход к ценообразованию, учитывающему экологические критерии (цену ущерба окружающей среде) и стимулирующему использование новых, экологически безопасных ресурсо- и энергосберегающих технологий в сочетании с системой налогов и штрафов;

- войны разрушительно воздействуют на процесс устойчивого развития и поэтому требуют обеспечения защиты окружающей среды во время вооруженных конфликтов;
- мир, развитие и сохранение окружающей среды взаимозависи мы и неразделимы.

Конечно, перечисленные требования еще не стали обязательным руководством к действию для всех людей. Но определенные изменения к лучшему появились. С каждым годом увеличиваются затраты на природоохранные мероприятия, все более важной становится экологическая экспертиза новых инженерных сооружений. И, конечно, становится все более обоснованным с точки зрения науки рациональное природопользование.

14.7. Рациональное природопользование

Рациональное природопользование представляет собой возможность управления природными экосистемами с целью:

- обеспечения и дальнейшего улучшения существования человеческого общества;
- максимального использования всех необходимых природных ресурсов;
- предотвращения, снижения и уничтожения возможных негативных последствий человеческой деятельности.

Важнейшим условием рационального природопользования является осуществление охраны природы — комплекса мероприятий, направленных на рациональное использование, воспроизводство и сохранение природных ресурсов Земли и космического пространства.

Основные направления охраны природы и рационального природопользования

Основные направления охраны природы:

- охрана природы в процессе ее использования — необходима в связи с тем, что природа и общество едины, а значит, использование и охрана природы взаимосвязаны;
- комплексный подход к использованию природных ресурсов — их использование сразу в нескольких целях;
- рациональный подход к природным ресурсам — ориентация на особенности конкретного региона при их использовании;
- экологический подход — учет всех взаимосвязей в экосистемах как при использовании, так и при охране природных ресурсов.

Рациональное использование природных ресурсов и природоохранные мероприятия специфичны для каждого вида ресурсов — воды, воздуха, земли, недр, растительного и животного мира. Все они сегодня закреплены в соответствующих разделах международного права и законодательствах отдельных государств. Тем не менее, этого мало. Необходимы меры воспитательного характера, чтобы каждый человек осознал свою личную ответственность перед потомками за состояние оставленной им среды обитания.

Рациональное использование и охрана земель

Рациональное использование и охрана земель предусматривает, прежде всего, охрану почвы. В систему мероприятий по ее защите входят:

- защита почв от эрозии, которая требует проведения правильно выбранных агротехнических мероприятий (способа обработки земель), создания ветроустойчивого поверхностного слоя, снегозадержания, лесомелиорации и гидротехнических сооружений;
- охрана почв от засоления и заболачивания, которая предусматривает дренаж территории, создание лесополос по каналам и трехъярусной вспашки земель;
- защита почв от загрязнения отходами животноводства, удобрениями, бытовыми и промышленными стоками и отходами. Для этого требуется установка очистных сооружений и разумное использование химикатов при обработке почв;
- закрепление и освоение песков;
- рекультивация земель — восстановление разрушенных земель.

Помимо перечисленных мероприятий очень важным является повышение плодородия почвы, что предусматривает внесение в нее удобрений, прежде всего, минеральных — калийных, фосфорных, азотных удобрений, а также микроэлементов.

До недавнего времени внесение удобрений производилось «на глазок», что часто было неэффективным, а также приводило к загрязнению почвы химикатами. При таком подходе также было возможно отравление людей химикатами, сохранявшимися в продуктах сельского хозяйства. Сегодня дозы вносимых удобрений и сроки их внесения рассчитываются на основе биохимического анализа почвы с учетом специфики выращиваемой культуры, погодных и климатических условий и т.п. При этом практически исключено загрязнение окружающей среды и опасное накопление химических соединений в продукции. Напротив, оптимальное количество удобрений, внесенное в нужные сроки, служит основой выращивания высококачественной сельскохозяйственной продукции. Не следует забы-

вать, что сегодня более трети населения Земли питается за счет урожая, выращиваемого с применением минеральных удобрений.

Рациональное использование и охрана недр

Рациональное использование и охрана недр связана с тем, что минеральные ресурсы относятся к разряду исчерпаемых. Кроме того, разработка месторождений полезных ископаемых влияет на другие природные ресурсы — почвы, воды, леса и т.д. В этом направлении должны проводиться следующие мероприятия:

- комплексное применение полезных ископаемых (большинство руд кроме основного компонента содержат другие ценные соединения, которые необходимо использовать);
- правильно выбранный способ транспортировки и переработки сырья, дающий минимальные потери;
- утилизация отходов продуктов переработки (при этом извлекается дополнительное количество ценных компонентов, например, цветные металлы из шлаков. Помимо получения дополнительного сырья это предотвращает загрязнение окружающей среды).

Рациональное использование и охрана водных ресурсов

Как уже было отмечено выше, запасы пресной воды, которая в основном используется для бытовых и промышленных нужд, не безграничны. Поэтому здесь предусматриваются следующие мероприятия:

- создание замкнутых циклов, позволяющих многократно использовать воду, не загрязняя при этом окружающую среду. Замкнутые циклы позволяют в десятки раз сократить количество воды, необходимое для промышленных целей;
- создание эффективных систем очистки воды, как промышленных, так и бытовых стоков. Сегодня проводится механическая (с помощью фильтров), физико-химическая (хлорирование или озонирование воды) и биологическая очистка воды. Перспективным направлением считается биологическая очистка вод, представляющая собой разрушение органических веществ микроорганизмами, содержащимися, например, в активном иле. Помимо этого очистка сточных вод позволяет получить ценные компоненты, которые можно использовать в производстве;

- экономия воды — избежание ее потерь из-за неисправности труб, оборудования, а также создание нового оборудования, которому требуется меньшее количество воды для обслуживания.

Рациональное использование и охрана воздушной среды

Основными источниками загрязнения воздуха являются промышленная деятельность человека и автотранспорт (соединениями серы, фтора, углекислым и угарным газами. Содержание вредных веществ в атмосфере оценивается по предельно допустимым концентрациям (ПДК), которые установлены законодательно. Для избежания превышения ПДК требуются:

- установка фильтров на промышленных трубах, которые не только препятствуют загрязнению воздуха, но и позволяют экономить сырье и возвращать в производство многие ценные продукты, полученные при фильтрации;
- улучшение существующих и внедрение новых технологий — разработка мероприятий по правильному сжиганию топлива, переход на газифицированное центральное отопление и новые производства, дающие меньшее количество отходов, разработка электромобилей и т.д.;
- улучшение состава топлива;
- рациональное размещение источников вредных выбросов (с учетом розы ветров, расположения жилых построек и т.п.);
- правильная планировка городов и зеленых насаждений — деревья очищают воздух от взвешенных в нем жидких и твердых частиц (аэрозолей), поглощает вредные газы. Например, сернистый газ хорошо поглощается тополем, липой, кленом, конским каштаном; фенолы — сиренью, шелковицей, бузиной и т.д. Кроме того, зеленые насаждения и правильно спланированные постройки поглощают до 20% шумов, которые также являются факторами, загрязняющими окружающую среду, и вызывают раздражение нервной системы, расстройство слуха и т.д.

Рациональное использование и охрана растительности

Существование животных и человека невозможно без растений, дающих кислород и пищу. Поэтому охрана растений является одной из основных задач рационального природопользования, которое осуществляется в следующих направлениях:

- борьба с лесными пожарами — леса представляют собой сложнейшие экосистемы, оказывающие влияние на климат, улучшающие его. Леса дают 60% биологически активного кислорода, способствуют сохранению водных ресурсов, поэтому так важно сохранять леса и преумножать их;
- борьба с вредителями и болезнями леса;
- защитное лесоразведение;
- охрана природных сенокосов и пастбищ;
- охрана отдельных видов растений — этому способствует создание заповедников, а также запрещение сбора редких и исчезающих видов растений, занесенных в Красную книгу.

Новые способы защиты растений, используемых человеком в качестве пищи и промышленного сырья, — это, по сути дела, проблема увеличения продовольственных ресурсов, так как традиционные способы ее решения, связанные с совершенствованием технологии производства и хранения продукции, уже исчерпаны.

Наиболее перспективным направлением являются исследования в области молекулярной биологии, в результате которых созданы новые средства контроля за размножением вредителей сельского хозяйства и получены питательные вещества нового типа. Еще недавно основное внимание уделялось поиску химических соединений для уничтожения вредных насекомых, при этом ученые мирились с тем, что эти вещества нарушают природный биологический баланс и засоряют окружающую среду. Сегодня же основное внимание уделяется таким способам контроля (а не уничтожения) за вредителями, которые не опасны для природы даже при длительном применении. С этой целью активно используется генная инженерия.

Результатом подобных исследований стало создание регуляторов роста (гормонов) — химических соединений, в небольших количествах влияющих на размер, внешний вид и форму растений и животных. Так, на основе синтеза гормона ауксина было налажено производство гербицидов. Синтезированы гормоны, стимулирующие быстрое развитие цветочных букетов (гиббереллин), ускоряющие прорастание семян и препятствующие процессу старения (цитокинин).

Поскольку многие насекомые наносят существенный вред сельскому хозяйству, очень важным направлением исследований является изучение биохимических процессов, управляющих ростом насекомых. Это позволяет организовать борьбу с вредителями, не прибегая к их полному уничтожению. Учеными были выделены, изучены, а затем синтезированы гормоны, вызывающие задержку в развитии насекомых на ранней стадии. Созданные таким образом вещества широко применяются для уничтожения личинок блох, мух и москитов.

Кроме того, были изучены вещества, которые вырабатываются самими растениями для защиты от насекомых, бактерий, грибов и вирусов, и на их основе созданы *вещества-антифиданты,* даже очень малые концентрации которых заставляют насекомых отказываться от пищи. Таков, например, препарат азадирактин, применяемый против саранчи.

Также были изучены *феромоны* — выделяемые в организме насекомых вещества, провоцирующие специфическое поведение: спаривание, поведение при опасности и т.д. Результатом этих исследований стало создание специальных ловушек с феромонами, которые были установлены в лесах Норвегии и Швеции. В них ежегодно попадало около 4 млрд. особей жучков, паразитирующих на коре хвойных деревьев.

Создаются учеными и новые виды *пестицидов* — веществ, применяемых для увеличения производства продуктов питания, волокна и профилактики против распространения насекомыми болезней человека и домашнего скота. Среди них — *инсектициды,* применяемые для борьбы с вредителями. Они представляют собой природные вещества, воздействующие на нервную систему насекомых. Получены также новые гербициды, применяющиеся для борьбы с сорняками. Есть вещества, препятствующие прорастанию семян, и вещества, блокирующие процесс фотосинтеза у сорняков. И, наконец, создаются *фунгициды* — средства для борьбы с болезнями растений, вызванными грибковыми и бактериальными микроорганизмами.

Следует отметить, что применение пестицидов регламентируется законодательством многих стран. Многие люди сегодня опасаются применять эти вещества. Но следует помнить, что пестициды опасны только при их нерациональном использовании в завышенных дозах. К сожалению, многие пестициды, применяемые до сих пор, опасны для здоровья человека и животных. Поэтому одним из основных направлений исследований ученых является создание таких средств борьбы с вредителями и болезнями растений, которые безопасны для биосферы и человека.

Рациональное использование и охрана животных

Охрана животных тесно связана с охраной растительности, почв, воздушной и водной среды. Вымирание видов животных обусловлено загрязнением среды, прямым истреблением, изменением ландшафта и т.п. Поэтому для охраны животных создаются заповедники, питомники для разведения исчезающих видов, устанавливаются нормы отлова и отстрела и т.д.

Все перечисленные меры нужно решать каждый день, совместными усилиями всех стран и народов. Это невозможно без научно-

го предвидения результатов природопреобразующей и социальной деятельности человека, а также без создания налаженной системы управления и контроля проведения подобных мероприятий.

Сегодня очевидно, что биосфера Земли — сложнейшая система — находится в сильно неравновесном состоянии. Мы знаем, что из таких состояний самоорганизующиеся системы, к числу которых принадлежит и биосфера, выходят скачком. Мы подходим к точке бифуркации, за которой лежат несколько возможных вариантов будущего. Среди них — возможность экологической катастрофы, полное исчезновение жизни на Земле или, по крайней мере, существование жизни, но уже без человечества. Наиболее благоприятным выходом из этой ситуации было бы образование ноосферы. Присутствие разума в системе, находящейся в ситуации перехода, меняет эту ситуацию. Предотвратить переходный процесс в биосфере человек не в силах, но есть возможность свести к минимуму или совсем устранить те неблагоприятные флуктуации, которые подталкивают неустойчивую систему к нежелательным для человека вариантам перехода.

Можно сказать, что в данной ситуации человечество держит экзамен на разумность. От нас зависит наше будущее, каким оно будет, и будет ли оно вообще. Другого пути нет. И в связи с этим вновь перед учеными и философами встает вопрос о том, каково место человека в мире, было ли случайным его появление. При изучении этих и других вопросов был сформулирован так называемый антропный принцип.

14.8. Антропный принцип в современной науке

Сущность антропного принципа

В самом широком плане интересующий ученых вопрос звучит так: почему наша Вселенная такова, какова она есть? Какую роль в существовании Вселенной играет или должен играть человек? Более строго данный вопрос формулируется иначе: почему физические постоянные — гравитационная, Планка, скорость света, заряд электрона и протона — имеют такие, а не иные значения, и что случилось бы со Вселенной, если бы они оказались другими?

Правомерность такого вопроса определяется тем, что численные значения физических констант никак не обоснованы теоретически, они получены экспериментально и независимо друг от друга.

Неопределенная ситуация с физическими постоянными вызвала желание проверить, какими окажутся для Вселенной последствия изменения значений отдельных физических констант или целой их группы. Проведенный анализ привел к ошеломляющему выводу. Оказалось, что достаточно совсем небольших, в пределах 10—30% отклонений значений констант в ту или другую сторону, и наша Вселенная окажется настолько упрощенной системой, что ни о каком направленном ее развитии не сможет быть и речи. Не смогут существовать основные устойчивые состояния — ядра, атомы, звезды и галактики.

Например, увеличение постоянной Планка более чем на 15% лишает протон возможности объединяться с нейтроном, т.е. делает невозможным протекание первичного нуклеосинтеза. Тот же результат получится, если увеличить массу протона на 30%. Изменение значений этих физических констант в меньшую сторону открыло бы возможность образования устойчивого ядра гелия, следствием чего явилось бы выгорание всего водорода на ранних стадиях расширения Вселенной. Таким образом, приходится признать, что существуют очень узкие «ворота» подходящих значений физических констант, в границах которых возможно существование знакомой нам Вселенной.

Но на этом «случайные» совпадения не заканчиваются. Напомним о других случайностях, с которыми мы уже встречались выше, когда говорили об эволюции Вселенной:

- небольшая асимметрия между веществом и антивеществом позволила на ранней стадии образоваться барионной Вселенной, без чего она выродилась бы в фотонно-лептонную пустыню;
- остановка первичного нуклеосинтеза на стадии образования ядер гелия, благодаря чему смогла возникнуть водородно-гелиевая Вселенная;
- наличие у ядра углерода возбужденного электронного уровня с энергией, почти точно равной суммарной энергии трех ядер гелия, открыло возможность для протекания звездного нуклеосинтеза. В ходе этого процесса образовались все элементы таблицы Менделеева, более тяжелые, чем водород и гелий;
- расположение энергетических уровней у ядра кислорода опять же случайно оказалось таким, что не позволяет в процессах звездного нуклеосинтеза всем ядрам углерода превратиться в кислород, а ведь углерод — это основа органической химии и, следовательно, жизни.

Совокупность многочисленных случайностей такого рода П. Девис метко назвал «тонкой подстройкой» Вселенной.

Таким образом, наука столкнулась с большой группой фактов, раздельное рассмотрение которых создает впечатление о необъяснимых случайных совпадениях, граничащих с чудом. Вероятность каждого подобного совпадения очень мала, а их совместное существование и вовсе невероятно. Тогда вполне обоснованной представляется постановка вопроса о существовании пока непознанных закономерностей, со следствиями которых мы столкнулись, способных организовать Вселенную определенным образом.

Итак, наличие «тонкой подстройки», определенных физических законов, свойств элементов и характера взаимодействий между ними определяют устройство нашей Вселенной. В ходе ее развития появились структурные элементы нарастающей сложности, а на одном из этапов развития — наблюдатель (разумное существо, человек), способный обнаружить существование «тонкой подстройки» и задуматься о породивших ее причинах.

У наблюдателя, обладающего нашей системой восприятия мира и нашей логикой, неизбежно возникнет вопрос: случайна ли обнаруженная им «тонкая подстройка» Вселенной, или она предопределена каким-то глобальным процессом самоорганизации? А это означает, что всплывает старая проблема, волновавшая человечество на протяжении всей его сознательной истории: занимаем ли мы особое место в этом мире или же это положение является результатом случайного развития. Признание «тонкой подстройки» закономерным природным явлением приводит к заключению, что с самого начала во Вселенной потенциально заложено появление «наблюдателя» на определенном этапе ее развития. Принятие такого вывода равносильно признанию существования у природы определенных целей. Иными словами, мы вновь возвращаемся к телеологиз-му, бывшему основой средневекового мировоззрения, а в Новое время отброшенному, как тогда казалось, навсегда.

В такой ситуации был выдвинут и в настоящее время широко обсуждается *антропный принцип.* В 1970-е гг. его в двух вариантах (слабом и сильном) сформулировал английский ученый Б. Картер.

Слабый антропный принцип

Слабый антропный принцип — то, что мы предполагаем наблюдать во Вселенной, должно удовлетворять условиям, необходимым для присутствия человека в качестве наблюдателя.

Этот принцип интерпретируется так, что в ходе эволюции Вселенной могли существовать самые разные условия, но человек-

наблюдатель видит мир только на том этапе, на котором реализовались условия, необходимые для его существования. В частности, для появления человека понадобилось, чтобы в ходе расширения вещества Вселенная прошла все те стадии, о которых говорилось выше. Понятно, что человек не мог наблюдать их, так как физические условия тогда не обеспечивали его появления. Но, с другой стороны, все эти стадии могли протекать только в мире, где существовала «тонкая подстройка». Поэтому сам факт появления человека уже предопределяет то, что он должен увидеть — и современную Вселенную, и наличие в ней «тонкой подстройки». Короче говоря, раз человек есть, то он увидит вполне определенным образом устроенный мир, ибо ничего другого ему увидеть не дано.

Итак, слабый антропный принцип претендует на объяснение привилегированности той космологической эпохи, в которую мы живем (в которой во Вселенной существуют разумные существа). Правда, он в качестве условия предполагает, что появление разумных существ в принципе возможно в ту или иную эпоху, т.е. не противоречит законам природы и общему характеру космологической эволюции.

Сильный антропный принцип

Более серьезное содержание заложено в сильном антропном принципе.

Сильный антропный принцип — Вселенная должна быть такой, чтобы в ней на некоторой стадии эволюции мог существовать наблюдатель.

По существу, в нем идет речь о случайном или закономерном происхождении «тонкой подстройки» Вселенной. Признание закономерного устройства Вселенной влечет за собой признание принципа, организующего ее. Если же считать «тонкую подстройку» случайной, то приходится постулировать множественное рождение вселенных, в каждой из которых случайным образом реализуются случайные значения физических постоянных, физические законы и т.п. В какой-то из них случайно возникнет «тонкая подстройка», обеспечивающая появление на определенном этапе развития наблюдателя, и он увидит вполне благоустроенный мир, о случайном возникновении которого первоначально не будет подозревать. Иными словами, в ансамбле вселенных реализуются все логически представимые типы физического устройства, а значит, существование хотя бы одного мира с благоприятным для эволюции жизни и

разума набором параметров становится вполне тривиальным. Наше появление в любом другом мире исключено.

Интересно отметить, что данная интерпретация сильного антропного принципа напоминает слабый антропный принцип. Действительно, в слабом принципе идет «отбор» эпохи и места во Вселенной, пригодных для жизни. А в сильном случае из ансамбля миров «отбирается» подходящая для жизни Вселенная.

Если мы признаем «тонкую подстройку» изначально заложенной во Вселенной, то линия ее последующего развития предопределена, а появление наблюдателя на соответствующем этапе — неизбежно. Из этого следует, что в родившейся Вселенной потенциально было заложено ее будущее, а процесс развития приобретает целенаправленный характер. Появление разума не только заранее «запланировано», но и имеет определенное предназначение, которое проявит себя в последующем процессе развития. Это — телеологическая интерпретация сильного антропного принципа, возрождающая старые теологические споры о божественном замысле.

Финалистский антропный принцип

Существует финалистский антропный принцип, предложенный Ф. Типлером.

Финалистский антропный принцип — во Вселенной должна возникнуть разумная обработка информации, и, раз возникнув, она никогда не прекратится.

Это очень необычное для физика предсказание, основанное на идее, что природе небезразлична судьба разума. В таком случае можно допустить, что существуют некие, пока неизвестные нам природные механизмы, обеспечивающие успешное прохождение Вселенной через все ключевые пункты эволюции вплоть до образования в ней Сознания. Данный принцип является еще более жестким, чем сильный антропный принцип. Ведь в соответствии с ним устройство Вселенной должно обеспечивать необходимые условия не только для возникновения жизни и разума, но и для их вечного существования. А ведь мы помним, что все существующие космологические модели говорят о неизбежности гибели жизни и разума или в конечной сингулярности (закрытая модель), или в холоде почти пустого пространства (открытая модель).

Пока мы еще слишком мало знаем о Вселенной, ведь земная жизнь — это только малая часть гигантского целого. Но мы имеем право строить любые догадки, если они не противоречат познан-

ным законам природы. И вполне возможно, если человечество продолжит свое существование, решив современные глобальные проблемы, если его способность познавать себя и окружающий мир сохранится, то одной из главных задач будущего научного поиска станет осознание своего предназначения во Вселенной.

Литература для самостоятельного изучения

1. *Антропный* принцип в структуре научной картины мира (история и современность). Л., 1989.
2. *Бережной С.А., Романов В.В., Седов Ю.И.* Экология. Тверь, 1993.
3. *Вернадский В.И.* Философские мысли натуралиста. М., 1988.
4. *Вернадский В.И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. М., 1987.
5. *Гиренок Ф.И.* Экология, цивилизация, ноосфера. М., 1987.
6. *Девис П.* Случайная Вселенная. М., 1985.
7. *Казначеев В.П.* Учение В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере. Новосибирск, 1989.
8. *Комов С.В.* Введение в экологию. Десять общедоступных лекций. Екатеринбург, 2001.
9. *Моисеев Н.Н.* Человек и ноосфера. М., 1990.
10. *Радкевич В.А.* Экология. Минск, 1997.
11. *Урсул А.Д., Урсул Т.А.* Эволюция, космос, человек. Кишинев, 1986.
12. *Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. М., 1973.
13. *Чижевский А.Л.* Космический пульс жизни. М., 1995.

Заключение

Содержание нашей работы показывает, что естествознание представляет собой весьма разветвленную область научного знания, затрагивающего широкий спектр вопросов о самых разных аспектах жизнедеятельности природы. Природа как объект изучения естествознания сложна и многообразна в своих проявлениях: она непрерывно изменяется и находится в постоянном движении. Соответственно это многообразие нашло свое отражение в большом количестве концепций, посвященных практически всем природным процессам и явлениям. Внимательное их изучение показывает, что Вселенная регулярна и предсказуема; материя состоит из атомов и элементарных частиц; свойства материальных объектов зависят от того, какие атомы входят в их состав и как они там расположены; атомы состоят из кварков и лептонов; звезды рождаются и умирают, как и все остальное в мире; Вселенная возникла в далеком прошлом и с тех пор она расширяется; все живое состоит из клеток, а все организмы появились в результате естественного отбора; природные процессы на Земле происходят циклами; на ее поверхности постоянно происходят изменения и нет ничего вечного и др. В целом мир одновременно един и удивительно многообразен, он вечен и бесконечен в беспрестанном процессе взаимопревращения одних систем в другие, при этом каждая его часть относительно самостоятельна, будучи неизбежно зависимой от общих законов бытия.

В то же время общее состояние знаний о мире логично ведет к выводу, что он еще далеко не познан. Многие явления природы не получили научного объяснения и поэтому носят загадочный, таинственный характер. Так, например, не исследованы в достаточной мере основные оболочки Земли: гидросфера, атмосфера и литосфера. Это вполне естественно, так как было бы наивно полагать, что естествознание может решить все проблемы познания. В своем современном состоянии оно образно представляет незавершенное, недостроенное здание, в котором все непознанное будет исследовано и объяснено в будущем, когда для этого сложатся соответствующие предпосылки. Но и в этом случае процесс познания не остановится, поскольку на смену одним непознанным вопросам придут другие, не менее интересные и загадочные, ведь природа безгранична и бесконечна.

Библиографический список

1. *Бааде В.* Эволюция звезд и галактик. М., 2002.
2. *Барг О.А.* Живое в едином мировом процессе. Пермь, 1993.
3. *Биомедицинская* этика. Минск, 2003.
4. *Биоэтика:* принципы, правила, проблемы. М., 1998.
5. *Буянов В.С.* Научное мировоззрение. Социально-философский аспект. М., 1987.
6. *Вайнберг С.* Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной. М., 1981.
7. *Васильева Т.С., Орлов В.В.* Химическая форма материи. М., 1983.
8. *Войткевич Г.В.* Возникновение и развитие жизни на Земле. М., 1988.
9. *Гаврилов В.П.* Путешествие в прошлое Земли. М., 1987.
10. *Глобальный* эволюционизм. М., 1994.
11. *Григорьев В.И.* Наука в контексте культуры. М., 1981.
12. *Гроф С.* Космическая игра. Исследование рубежей человеческого сознания. М., 1997.
13. *Доброе Г.М.* Наука о науке. Киев, 1989.
14. *Естествознание:* Энциклопедический словарь / Сост. В.Д. Шолле. М., 2002.
15. *Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.И.* Естествознание. М., 1996.
16. *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космогония. М., 1996.
17. *Маслоу А.* Дальние пределы человеческой психики. СПб., 1997.
18. *Миронов В.В.* Образы науки в современной культуре и философии. М., 1997.
19. *Небель Б.* Наука об окружающей среде. Как устроен мир. М., 1993.
20. *Основы* науковедения. М., 1985.
21. *Пахомов Б.Я.* Становление современной физической картины мира. М., 1985.
22. *Радкевич В.А.* Экология. Минск, 1997.
23. *Фоули Р.* Еще один неповторимый вид. М., 1990.
24. *Франкфурт У.И., Френк А.М.* У истоков квантовой теории. М., 1975.
25. *Хокинг С.* От Большого взрыва до черных дыр: Краткая история времени. СПб., 2000.
26. *Яблоков А.В., Юсуфов А.Г.* Эволюционное учение. М., 1998.

Вопросы к экзамену (зачету) по курсу «Концепции современного естествознания»

1. Наука как часть культуры. Сциентизм и антисциентизм.
2. Естествознание, его структура и отличия от гуманитарного знания.
3. Формы научного познания.
4. Методы научного познания.
5. Научная картина мира и ее содержание.
6. Системный подход в современном естествознании.
7. Понятие «физическая картина мира» и его содержание.
8. Механическая картина мира.
9. Электромагнитная картина мира.
10. Квантово-полевая картина мира.
11. Структурные уровни организации материи. Понятия микро-, макро- и мегамира.
12. Физика микромира: элементарные частицы и их свойства.
13. Классификация элементарных частиц. Теория кварков.
14. Физическое взаимодействие и его типы.
15. Космологические модели Вселенной.
16. Теория Большого взрыва.
17. Структурная самоорганизация Вселенной: рождение и эволюция планет, звезд, галактик.
18. Земля как планета Солнечной системы: ее строение и геосферы.
19. Биология как наука, структура биологического знания.
20. Молекулярно-генетический уровень жизни.
21. Онтогенетический уровень жизни.
22. Популяционно-биоценотический уровень жизни.
23. Концепции происхождения и сущности жизни.
24. Становление идеи развития в биологии. Концепции развития Ж.Б. Ламарка и Ж.Л. Кювье.
25. Эволюционная теория Ч. Дарвина и антидарвинизм.
26. Основы генетики.
27. Синтетическая теория эволюции.
28. Основные теории антропогенеза.
29. Современная наука о человеческой психике и сознании.
30. Здоровье человека, его работоспособность и творчество.
31. Биоэтика: сущность и основные проблемы.
32. Биосфера, человек, космос.
33. Концепция ноосферы В.И. Вернадского.
34. Основы экологии.
35. Природные ресурсы и их использование человеком.
36. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование.

Глоссарий

А

АБИОГЕНЕЗ — теория возникновения живых организмов из веществ неорганической природы.

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ - совокупность условий (химических, физических, космических, геолого-географических, климатических и др.) неорганической среды, влияющих на организмы.

АБСТРАГИРОВАНИЕ — способ образования научных понятий; мысленное отвлечение от всех свойств, связей и отношений изучаемого объекта, которые представляются нам несущественными для данной теории.

АВТОКАТАЛИЗ — явление, при котором продукты химической реакции выступают в качестве катализаторов, ускоряющих дальнейшее протекание реакции.

АВТОТРОФЫ — организмы, осуществляющие питание посредством фотосинтеза.

АДАПТАЦИЯ — приспособление функций и строения организмов к условиям существования.

АДРОНЫ — общее название элементарных частиц, состоящих из кварков и участвующих в сильном взаимодействии.

АККЛИМАТИЗАЦИЯ — приспособление живых организмов к изменившимся географическим условиям существования.

АККРЕЦИЯ — слипание частичек вещества во все более крупные тела при их падении на космическое тело из окружающего пространства.

АКСИОМА — исходное положение какой-либо теории, лежащее в основе доказательств других положений этой теории, в пределах которой оно принимается без доказательств.

АЛХИМИЯ — в Средние века тайное знание о всеобщем превращении веществ и элементов; поиск философского камня, превращающего простые металлы в золото и серебро, а также дающего его владельцу вечную жизнь и молодость.

АМИНОКИСЛОТЫ — класс органических соединений, играющих большую роль в жизни организмов; основной элемент для построения растительных и животных белков.

АМФОБОЛИЗМ — процесс образования в ходе катаболизма мелких молекул, которые затем принимают участие в строительстве более сложных молекул.

АНАБОЛИЗМ (АССИМИЛЯЦИЯ) - разветвленная система процессов биосинтеза сложных молекул.

АНАЛИЗ — метод научного познания, мысленное или реальное расчленение предмета на составляющие его части и их раздельное изучение.

АНАЛОГИЯ — метод научного познания, перенос знания, полученного при рассмотрении какого-либо одного объекта, на другой, менее изученный, но схожий с первым по каким-то существенным свойствам объект.

АНАЭРОБЫ — организмы, живущие в отсутствие свободного кислорода (многие бактерии, некоторые черви, моллюски).

АНИЗОТРОПИЯ — неоднородность структуры вещественных тел, их способность расщепляться в одном направлении лучше, чем в других.

АННИГИЛЯЦИЯ — превращение частиц и античастиц при их столкновении в фотоны и мезоны больших энергий; превращение вещества в излучение.

АНТИБИОЗ — форма взаимоотношений организмов, при которых обе взаимодействующие популяции или одна из них испытывает отрицательное влияние; проявляется в форме хищничества, паразитизма и конкуренции.

АНТИСЦИЕНТИЗМ — идеология, мировоззрение, считающее науку вредной и опасной, ведущей к гибели человечества.

АНТИЧАСТИЦЫ — элементарные частицы, во всем подобные обычным частицам, но имеющие противоположный знак электрического заряда и магнитного момента.

АНТРОПОЛОГИЯ — общее учение о происхождении и эволюции человека, образовании человеческих рас и вариациях физического строения человека.

АНТРОПОЦЕНТРИЗМ — мировоззрение, согласно которому человек есть центр Вселенной и конечная цель всего мироздания.

АРГУМЕНТ — логический довод, служащий основанием доказательства.

АРЕАЛ — область распространения на земной поверхности какого-либо явления, видов растений или животных, полезных ископаемых и т.д.

АСИММЕТРИЯ — состояние отсутствия симметрии.

АСИМПТОТИЧЕСКАЯ СВОБОДА — свойство кварков, которое проявляется на малых расстояниях, когда они перестают влиять друг на друга и ведут себя как свободные частицы.

АСПЕКТ — точка зрения, с которой рассматривается предмет, явление, понятие.

АСТЕНОСФЕРА — нижняя часть верхней мантии; подстилающий верхнюю мантию и литосферу слой; располагается на глубине около 100 км под материками и около 50 км под дном океана; в ее пределах лежат очаги питания вулканов и осуществляется перемещение подкорковых масс, являющееся причиной тектонических процессов.

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ЕДИНИЦА - среднее расстояние от Земли до Солнца, принятое за 150 млн. км.

АТАВИЗМ — появление у взрослых организмов свойств и признаков, характерных для их далеких предков; доказательство эволюции органического мира.

АТМОСФЕРА — газообразная оболочка Земли и других небесных тел (планет, Солнца и звезд).

АТОМ — мельчайшая неделимая частица вещества (в классическом понимании); сложная квантово-механическая система, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов (в современном понимании).

АТОМИЗМ — точка зрения, в соответствии с которой весь мир, включая человека, понимается как совокупность огромного числа неделимых частиц — атомов.

АФФЕКТ — кратковременное, сильно и бурно протекающее эмоциональное переживание; в это время человек не способен прислушиваться к голосу разума и действует только под влиянием эмоций.

АЭРОБЫ — организмы, которые могут существовать только при наличии свободного молекулярного кислорода.

Б

БАКТЕРИИ — группа микроскопических, преимущественно одноклеточных организмов, обладающих клеточной стенкой, но не имеющих оформленного ядра и размножающихся делением.

БАРИОНЫ — «тяжелые» элементарные частицы-адроны с массой более тысячи масс электрона и полуцелым спином.

БИНАРНЫЙ — двойной, состоящий из двух частей, компонентов и т.д.

БИНОКУЛЯРНОЕ ЗРЕНИЕ — зрение, осуществляемое двумя глазами; дает возможность видеть мир объемно.

БИОГЕНЕЗ — концепция, утверждающая, что между живой и неживой материей лежит непреодолимая преграда, а следовательно, все живое может происходить только от живого.

БИОГЕННЫЙ — происходящий от живого организма, связанный с ним.

БИОГЕОХИМИЯ — раздел геохимии, изучающий геохимические процессы, происходящие в биосфере при участии живых организмов.

БИОГЕОЦЕНОЗ (ЭКОСИСТЕМА) - взаимообусловленный комплекс живых и абиотических (неживых) компонентов, связанных между собой обменом вещества и энергии.

БИОМАССА — общая масса особей одного вида, группы видов или сообщества в целом на единицу поверхности или объема местообитания.

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ - совокупность влияний, оказываемых на организмы жизнедеятельностью других организмов.

БИОЦЕНОЗ — сообщество организмов разных видов, населяющих определенную территорию с более или менее однородными условиями.

БИОСФЕРА — область распространения жизни на Земле; совокупность живых организмов планеты и пространства, в котором они обитают и которое они преобразуют. Состав, структура и энергетика биосферы определяются деятельностью живых организмов. Включает в себя населенную организмами верхнюю часть литосферы, гидросферу и нижнюю часть атмосферы.

БИОСФЕРОЦЕНТРИЗМ — новый тип мировоззрения, ставящий интересы человека и человечества в зависимость от потребностей всей планеты и всего живого на ней.

БИОЭТИКА — система новых этических стандартов в сфере экспериментальной и теоретической деятельности, биологии и медицине, а также при практическом применении результатов данных исследований; изменение традиционных норм морали и этических принципов под влиянием НТР.

БИФУРКАЦИЯ — разветвление, раздвоение в траектории движения системы в определенной точке; точка выбора дальнейшего пути развития системы.

БЛИЗКОДЕЙСТВИЕ — 1) передача физического взаимодействия полем от точки к точке, с конечной скоростью (вариант М. Фарадея); 2) передача взаимодействия каждого типа собственным полем со скоростью, не превышающей скорости света в вакууме (современный принцип близкодействия).

БОЗОНЫ — элементарные частицы с целочисленным спином, в конечном пределе являющиеся волнами, полями.

БОЛЕЗНЬ — нарушение оптимального психосоматического состояния.

В

ВАКУУМ — реальная физическая система, пространство, в котором отсутствуют реальные частицы и выполняется условие минимума плотности энергии в данном объеме.

ВАЛЕНТНОСТЬ — способность атома к образованию химических связей; количественной мерой валентности принято считать суммарное число неспаренных электронов, неподеленных электронных пар и вакантных орбиталей, участвующих в образовании химических связей.

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ДЕТЕРМИНИЗМ - более глубокая форма детерминизма, учитывающая существование случайных процессов и событий. Признание случайности не означает отрицания причинной обусловленности всех процессов и явлений.

ВЕЩЕСТВО — в классической физике вид материи, имеющий массу покоя.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ — развертывающийся во времени и в пространстве процесс воздействия одних объектов на другие путем обмена материей и движением.

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ — частицы, существующие в промежуточных, имеющих малую длительность состояниях, для которых не выполняются обычные соотношения между энергией, импульсом и массой. Другие характеристики — спин, электрический и барионный заряды — такие же, как у реальных частиц.

ВИРУСЫ — возбудители инфекционных болезней растений, животных и человека, размножающиеся только внутри живых клеток.

ВИТАЛИЗМ — учение, рассматривающее жизнь как особое явление, подчиняющееся не законам мироздания, а влиянию особых сил, присутствующих в организме (жизненной силы, души и др.).

ВНЕЗЕМНЫЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ - общество разумных существ, которые могут возникать и существовать вне Земли.

ВУЛКАН — геологическое образование, возникающее над каналами и трещинами в земной коре, по которым извергаются постоянно или периодически из магматических источников на земную поверхность лава, обломки горных пород, горячие газы; чаще всего вулкан представляет собой конусообразное или куполообразное образование, на вершине которого имеется кратер в виде воронки.

ВЫВЕТРИВАНИЕ — процесс преобразования горных пород в приповерхностной части земной коры под действием температурных колебаний, химического воздействия воды, газов и органических веществ.

Г

ГАЗ — агрегатное состояние вещества, в котором силы отталкивания молекул превышают силы межмолекулярного взаимодейст-

вия, в связи с чем молекулы движутся свободно, занимая в отсутствие внешних полей весь предоставленный объем.

ГАЛАКТИКА — Млечный Путь — наша звездная система, в том числе и Солнце со всеми планетами.

ГАЛАКТИКИ — гигантские звездные системы, подобные нашей Галактике.

ГАМЕТЫ — половые клетки организма.

ГЕЛИОЦЕНТРИЗМ — картина мира, представляющая центром Вселенной Солнце, вокруг которого вращаются все планеты, в том числе и Земля.

ГЕН — участок молекулы ДНК или РНК; материальный носитель наследственности; единица наследственной информации, способная к воспроизведению и расположенная в определенном участке хромосомы.

ГЕНЕЗИС — процесс образования и становления какого-либо природного или социального явления.

ГЕНОБИОЗ — методологический подход в вопросе происхождения жизни, основанный на убеждении в первичности молекулярной системы со свойствами первичного генетического кода.

ГЕНОМ — совокупность генов, содержащихся в одинарном наборе хромосом данной животной или растительной клетки.

ГЕНОТИП — наследственная основа организма, совокупность всех генов организма.

ГЕНОФОНД — состав и численность разных форм различных генов в популяциях или виде в целом.

ГЕОГРАФИЯ — система естественных и общественных наук, изучающая природные и производственно-территориальные комплексы и их компоненты.

ГЕОИД — геометрическая фигура, отражающая форму Земли; представляет собой не вполне правильный шар, немного сжатый у полюсов и несколько вытянутый к Северному полюсу.

ГЕОКРИОЛОГИЯ (МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ) - наука о мерзлых почвах и горных породах, процессах их образования, развития и условиях существования.

ГЕОЛОГИЯ — комплекс наук о земной коре и более глубоких сферах Земли; наука о составе, строении, движениях и истории развития земной коры и размещении в ней полезных ископаемых.

ГЕОСИНКЛИНАЛЬ — обширный линейно вытянутый участок земной коры со сложным внутренним строением, характеризующийся большой интенсивностью тектонических движений и магматических процессов, высокой степенью деформации горных пород.

ГЕОСФЕРЫ — концентрические, сплошные или прерывистые оболочки Земли, различные по физическим свойствам и химиче-

скому составу; в направлении от центру к периферии выделяются ядро, мантия, литосфера, гидросфера, атмосфера, магнитосфера.

ГЕОХРОНОЛОГИЯ — геологическое летоисчисление — учение о хронологической последовательности формирования и возрасте горных пород, слагающих земную кору.

ГЕОЦЕНТРИЗМ — картина мира, представляющая центром Вселенной Землю, вокруг которой вращались Луна, Солнце, пять известных в древности планет и сфера неподвижных звезд.

ГЕРБИЦИДЫ — химические препараты из группы пестицидов, предназначенные для уничтожения сорной растительности.

ГЕТЕРОГЕННЫЙ — неоднородный по составу.

ГЕТЕРОЗИГОТНОСТЬ — присущее всякому гибридному организму состояние, при котором его гомологичные хромосомы несут разные формы того или иного гена.

ГЕТЕРОТРОФЫ — организмы, питающиеся органическими веществами (грибы, многие микроорганизмы, животные и человек).

ГИДРОСФЕРА — совокупность всех водных объектов земного шара: океанов, морей, рек, озер, водохранилищ, подземных вод, ледников и снежного покрова.

ГИПОТЕЗА — предположение (догадка), которое выдвигается для устранения ситуации неопределенности в науке.

ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭВОЛЮЦИОНИЗМ - убеждение в том, что как Вселенная в целом, так и отдельные ее элементы существуют в постоянном развитии, которое происходит по единому алгоритму — от простого к сложному, путем самоорганизации.

ГЛЯЦИОЛОГИЯ — наука о природных льдах на поверхности Земли, в атмосфере, гидросфере и литосфере; изучает режим и динамику развития льдов, их взаимодействие с окружающей средой, роль льда в развитии Земли.

ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ НАУКИ - те упрощения, огрубления отображаемой действительности, которые принимаются той или иной наукой на определенной стадии ее развития при ее построении, обосновании и применении.

ГОЛОБИОЗ — методологический подход в вопросе происхождения жизни, основанный на идее первичности структур, наделенных способностью к элементарному обмену веществ при участии ферментного механизма.

ГОМЕОСТАЗ — совокупность сложных приспособительных реакций организма животного и человека, направленных на сохранение постоянства динамического состояния его внутренней среды (температуры тела, кровяного давления и др.).

ГОМОГЕННЫЙ — однородный по составу.

ГОМОЗИГОТНОСТЬ — однородность наследственной основы организма, происходящего от родителей, идентичных по тому или иному наследственному признаку.

ГОМОЛОГИЧНЫЙ — соответственный, подобный, родственный.

ГОРМОНЫ — биологически активные вещества, вырабатываемые в организме специализированными клетками или органами и оказывающими целенаправленное влияние на деятельность других органов и тканей.

ГРАВИТАЦИОННЫЙ КОЛЛАПС - катастрофическое сжатие звезды под действием сил тяготения после исчерпания в ее недрах источников ядерной энергии и прекращения термоядерных реакций; приводит к рождению нейтронных звезд (пульсаров) или черных дыр.

Д

ДАЛЬНОДЕЙСТВИЕ — мгновенное действие тел друг на друга на любом расстоянии без каких-либо посредствующих звеньев, через пустоту.

ДЕДУКЦИЯ — метод научного познания, процесс получения частных выводов на основе общих знаний, вывод от общего к частному.

ДЕИЗМ — философская концепция, признающая идею творения мира Богом, но отрицающая его дальнейшее вмешательство в дела и процессы созданного им мира.

ДЕМОГРАФИЯ — наука о народонаселении и закономерностях его изменения.

ДЕТЕРМИНИЗМ — философский подход, признающий объективную закономерность и причинную обусловленность всех явлений природы и общества; отрицание беспричинных явлений.

ДЕФЕРЕНТ — вспомогательная окружность в геоцентрической модели мира К. Птолемея, в центре которой находилась Земля. Считалось, что по деференту обращаются эпициклы, по которым, в свою очередь, двигаются планеты.

ДИВЕРГЕНЦИЯ — расхождение признаков организмов в результате естественного отбора, приводящее к появлению новых видов.

ДИНАМИЧЕСКИЙ ЗАКОН — физический закон, отображающий объективную закономерность в форме однозначной связи физических величин, выражаемых количественно; совокупность динамических законов составляет динамическую теорию.

ДИСКРЕТНОСТЬ — прерывность.

ДИССИПАТИВНОСТЬ — особое динамическое состояние, при котором процессы, протекающие с элементами неравновесной системы, приводят к проявлению на уровне всей системы качественно новых свойств и процессов.

ДИФРАКЦИЯ — огибание препятствий волнами света.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НАУКИ — выделение внутри какой-либо науки более узких, частных областей исследования и превращение их в самостоятельные науки.

ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота, биополимер клетки, хранящий и передающий наследственную информацию.

ДОМИНАНТНЫЙ ПРИЗНАК — признак, который более развит, преобладает у потомства.

Е

ЕВГЕНИКА — учение о наследственном здоровье человека и возможных методах влияния на эволюцию человечества целью совершенствования его природы.

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР — особый механизм отбора живых организмов в природе, приводящий к избирательному уничтожению организмов, оказавшихся неприспособленными к условиям окружающей среды, и выживанию, воспроизведению организмов, наиболее приспособленных к условиям этой же среды.

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ — наука о Природе как единой целостности; комплекс отдельных наук о природе, тесно взаимосвязанных между собой.

Ж

ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО — в концепции В.И. Вернадского совокупность всех живых организмов планеты, включая человека.

ЖИДКОСТИ — тела, имеющие определенный объем, но не имеющие упругой формы.

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ — совокупность фаз развития, пройдя которые организм достигает зрелости и становится способным дать начало следующему поколению.

З

ЗАКОН — отражение в сознании чкловека объективных закономерностей, существующих в природе.

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ — устойчивые, повторяющиеся связи между предметами и явлениями, существующие в действительности.

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ — утверждения, согласно которым численные значения некоторых физических величин не изменяются со временем в любых процессах или определенных классах процессов.

ЗАПРЕТ ПАУЛИ — закон квантовой механики, согласно которому частицы-фермионы не могут находиться вместе, если у них одинаковые параметры.

ЗВЕЗДЫ — раскаленные газовые (плазменные) шарообразные небесные тела, находящиеся в гидродинамическом и тепловом равновесии.

ЗДОРОВЬЕ — нормальное психосоматическое состояние, чувство полного физического, психического и социального комфорта, способность человека оптимально удовлетворять систему материальных и духовных потребностей.

ЗИГОТА — биологическая клетка, образующаяся в результате слияния двух половых клеток в процессе оплодотворения у растений и животных.

И

ИДЕАЛИЗАЦИЯ — способ получения научных понятий, операция мысленного выделения какого-либо одного, важного для данной теории свойства или отношения, после чего возникает представление о существовании объекта, в действительности не существующего, но имеющего прообраз в действительности (например, абсолютно черное тело, идеальный газ).

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СОПОДЧИНЕННОСТЬ - отношения между объектами разного уровня, представляющие собой упорядоченную связь от низшего к высшему, в которой каждая ступень является фундаментом для следующей за ней и, в свою очередь, основывается на предшествующей ступени.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ — разнообразие признаков и свойств у особей и групп особей любой степени родства; различают наследственную и ненаследственную, индивидуальную и групповую, количественную и качественную, направленную и ненаправленную изменчивость; наследственная изменчивость обусловлена возникновением мутаций, ненаследственная — воздействием факторов внешней среды.

ИЗМЕРЕНИЕ — метод научного познания, определение количественных характеристик изучаемых сторон или свойств объектов с помощью специальных технических устройств.

ИЗОМЕРЫ — химические соединения, одинаковые по молекулярной массе и составу, но различающиеся по своему строению.

ИЗОТОПЫ — атомы одного и того же химического элемента, ядра которых содержат одинаковое число протонов, но разное число нейтронов; имеют разные атомные массы; обладают одними и теми же химическими свойствами, но различаются по физическим свойствам. Существуют стабильные (устойчивые) и нестабильные (радиоактивные) изотопы.

ИЗОТРОПНОСТЬ — отсутствие выделенных направлений; независимость свойств тел, движущихся по инерции, от направления их движения.

ИМПУЛЬС — физическое понятие, характеризующее количество движения.

ИНВАРИАНТНОСТЬ — неизменность какой-либо величины при изменении физических условий, способность не изменяться при определенных преобразованиях.

ИНГИБИТОР — вещество, замедляющее химическую реакцию.

ИНДЕТЕРМИНИЗМ — философский подход, отрицающий объективную причинную обусловленность явлений природы, общества и человеческой психики.

ИНДИВИД — каждый самостоятельно существующий организм; человек как единичный представитель человеческого рода.

ИНДУКЦИЯ — метод научного познания; формулирование логического умозаключения путем обобщения данных наблюдения и эксперимента; получение общего вывода на основании частных посылок, движение от частного к общему.

ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ — системы, покоящиеся или движущиеся друг относительно друга равномерно и прямолинейно.

ИНЕРЦИЯ — свойство тел сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока какая-либо внешняя сила не выведет их из этого состояния. При действии на тело внешней силы изменение состояния покоя или движения происходит постепенно, тем медленнее, чем больше масса данного тела.

ИНСЕКТИЦИДЫ — химические препараты группы пестицидов, применяемые для борьбы с насекомыми — вредителями сельскохозяйственных растений.

ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ — проявление синтетических тенденций в развитии науки, выражающееся в появлении новых наук на стыках старых.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ — сложение в пространстве двух или нескольких волн, в результате чего получается картина из чередующихся светлых и темных полос.

ИНТРУЗИЯ — внедрение в земную кору расплавленной магмы, образующей при застывании различные формы магматических тел, в том числе горные породы.

ИОН — электрически заряженная частица, образующаяся при потере или приобретении избыточных электронов атомами или группами атомов.

ИОНИЗАЦИЯ — превращение атомов и молекул в ионы.

ИРРАЦИОНАЛИЗМ — направление в философии, отрицающее возможность разумного логического познания действительности и признающее основным видом познания инстинкт, откровение, веру.

К

КАТАБОЛИЗМ (ДИССИМИЛЯЦИЯ) - процесс расщепления сложных органических соединений, сопровождающийся выделением химической энергии.

КАТАЛИЗ — изменение скорости химической реакции в присутствии особых веществ (катализаторов), не участвующих непосредственно в реакции и не входящих в состав конечных продуктов.

КАТАЛИЗАТОР — вещество, увеличивающее скорость химической реакции; в реакции не расходуется и не входит в состав конечных продуктов.

КВАЗАР — космический объект сравнительно небольшого размера (не более 1 светового месяца), излучающий энергии больше, чем наша Галактика. Возможно, что это особо активные ядра огромных галактик, представленные черными дырами в 10^9—10^{12} масс Солнца.

КВАНТ — частица — носитель свойств какого-либо физического поля, например квант электромагнитного поля — фотон.

КВАРК — элементарная частица с дробным электрическим зарядом; соединение кварков приводит к образованию адронов.

КИБЕРНЕТИКА — наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в сложных целесообразных системах с обратной связью (машинах, живых организмах и обществе).

КЛАССИЧЕСКИЙ ЭВОЛЮЦИОНИЗМ - научная концепция, согласно которой весь мир находится в постоянном развитии. Но при этом считается, что живая природа эволюционирует от простого к сложному, а неживая материя — путем разрушения существующей упорядоченности, от современного сложного состояния к простейшему состоянию термодинамического равновесия.

КЛЕТКА — основная структурная единица жизни.

КЛИМАТ — многолетний статистический режим погоды, характерный для данной местности в силу ее географического положения.

КЛОНИРОВАНИЕ — точное воспроизведение того или иного живого объекта в определенном количестве копий путем бесполого размножения; при этом новый организм выращивается из соматических клеток и генетически неотличим от родительского организма.

КОАЦЕРВАТНЫЕ КАПЛИ — коллоидные системы, ставшие, по мнению А.И. Опарина, доклеточными предками живых организмов.

КОДОН — единица генетического кода, состоящая из трех азотистых оснований (нуклеотидов) и кодирующая синтез одной аминокислоты.

КОММЕНСАЛИЗМ — взаимоотношения организмов, при которых один вид получает пользу от сожительства, а другому это безразлично.

КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ — взаимное соответствие в химическом строении двух макромолекул, обеспечивающее их взаимодействие — спаривание двух нитей ДНК.

КОНТИНУУМ — сплошная материальная среда, свойства которой изменяются в пространстве непрерывно.

КОНФАЙНМЕНТ (БЕСЦВЕТНОСТЬ) - условие, требующее, чтобы при соединении кварков в адроны они компенсировали свои цветовые заряды и удовлетворяли признаку бесцветности.

КООПЕРАЦИЯ — взаимовыгодное сожительство живых организмов.

КОРПУСКУЛА — очень малая частица вещества.

КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ - наличие у каждой частицы материи свойств волны и частицы одновременно.

КОСМИЗМ — представление о связи природы и космоса, человека и космоса, общества и космоса.

КОСМОГОНИЯ — наука о происхождении и развитии космических тел и их систем.

КОСМОЛОГИЧЕСКИЙ ГОРИЗОНТ - область Вселенной, которую может в данный момент видеть наблюдатель; граница той части пространства, от которой свет до нас пока не дошел, поэтому она принципиально ненаблюдаема.

КОСМОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП - предположение об изотропности и однородности Вселенной, выдвинутое А. Фридманом, на основе которого он предложил модель расширяющейся Вселенной.

КОСМОЛОГИЯ — астрофизическая теория структуры и динамики изменения Метагалактики, включающая в себя и определенное понимание свойств всей Вселенной.

КОЭВОЛЮЦИЯ — совместное развитие человечества и природы, учитывающее интересы обеих сторон.

КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ — смещение линий к красному концу спектра при спектральном анализе по сравнению с линиями эталонных спектров.

КРЕАЦИОНИЗМ — направление в биологии, считающее, что возникновение мира, жизни и человека есть результат божественного творения, отрицающее изменение видов в их историческом развитии.

КРИСТАЛЛ — тело (твердое или жидкое), частицы которого (атомы, ионы или молекулы) расположены в определенном, периодически повторяющемся порядке, образуя пространственную кристаллическую решетку.

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ — наука о формах и условиях залегания кристаллических пород.

КРИТЕРИЙ — признак, на основе которого производится оценка, определение или классификация чего-либо.

КРИТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ — состояние крайней неустойчивости, достигаемое открытой неравновесной системой в ходе предшествующего периода плавного эволюционного развития.

Л

ЛАБИЛЬНОСТЬ — неустойчивость, изменчивость.

ЛАМАРКИЗМ — концепция исторического развития органического мира, созданная Ж.Б. Ламарком, согласно которой все виды животных и растений постоянно изменяются под прямым воздействием меняющихся условий жизни.

ЛАНДШАФТ — природный географический комплекс, в котором все основные компоненты (рельеф, климат, воды, почвы, растительность и животный мир) находятся в сложном взаимодействии и взаимообусловленности, образуя единую систему.

ЛЕПТОНЫ — легкие элементарные частицы со спином 1/2, не участвующие в сильном взаимодействии.

ЛИТОСФЕРА — верхняя твердая оболочка Земли, располагающаяся на мантии.

ЛИЧНОСТЬ — человек, обладающий уникальными, присущими только ему качествами характера, знаниями и опытом.

М

МАГМА — расплавленная масса, преимущественно силикатного состава, богатая газами, образующаяся в глубинных зонах Земли и дающая при застывании магматические горные породы; в вулканических областях магма, достигая земной поверхности, изливается в виде лавы или выбрасывается с газами в виде раздробленного материала (вулканические бомбы, пеплы и др.).

МАКРОМИР — мир макрообъектов, соизмеримых с человеком и его опытом. При этом пространственные величины выражаются в миллиметрах, сантиметрах и километрах, а время — в секундах, минутах, часах и годах.

МАКРОЭВОЛЮЦИЯ — эволюционные преобразования за длительный исторический период, приводящие к возникновению новых надвидовых форм организации живого.

МАЛЬТУЗИАНСТВО — теория, согласно которой бедственное положение людей обусловлено действием закона абсолютного перенаселения, т.е. тем, что численность населения растет быстрее, чем количество средств к существованию.

МАНТИЯ — оболочка Земли, располагающаяся между земной корой и ядром Земли.

МЕГАМИР — мир космических масштабов и скоростей, расстояние в котором измеряется световыми годами и парсеками, а время существования космических объектов — миллионами и миллиардами лет.

МЕЗОНЫ — средние по массе неустойчивые элементарные частицы-адроны с целочисленным спином.

МЕТАБОЛИЗМ — обмен веществ, совокупность процессов катаболизма и анаболизма в живом организме.

МЕТАГАЛАКТИКА — доступная наблюдению часть Вселенной со всеми находящимися в ней галактиками, квазарами и другими космическими объектами.

МЕТАМОРФИЗМ — процесс изменения структуры, минералогического, иногда химического состава горных пород в земной коре под влиянием температур, давлений и химической активности глубинных растворов.

МЕТОД — совокупность приемов и операций практического и теоретического познания действительности.

МЕХАНИЦИЗМ — представление мира в качестве машины, гигантского механизма, четко функционирующего на основе вечных и неизменных законов механики. Универсальный метод изучения окружающего мира, сводящий любые процессы к простым механическим перемещениям.

МЕХАНИЧЕСКИЙ ДЕТЕРМИНИЗМ - черта классической науки, отрицание случайностей любого рода, абсолютизация динамических законов.

МИКРОБЫ — общее название всех микроорганизмов (бактерий, дрожжевых и плесневых грибов), исключая микроскопические водоросли и простейшие организмы.

МИКРОМИР — мир предельно малых, непосредственно ненаблюдаемых микрообъектов (молекул, атомов, элементарных частиц), пространственная размерность которых исчисляется от 10^{-8} до 10^{-16} см, а время жизни — от бесконечности до 10^{-24} с.

МИКРОЭВОЛЮЦИЯ — совокупность эволюционных изменений, происходящих в генофондах популяций за сравнительно небольшой период времени и приводящих к появлению нового вида.

МИНЕРАЛ — физически и химически индивидуализированное тело, возникшее в результате естественных физико-химических процессов в земной коре; большинство минералов — твердые кристаллические соединения; являются составными частями руд, горных пород и других геологических тел.

МИНЕРАЛОГИЯ — наука о природных химических соединениях (минералах), их составе, свойствах, особенностях строения и условиях образования.

МОДЕЛИРОВАНИЕ — метод научного познания, изучение объектов посредством их моделей с дальнейшим переносом полученных данных на оригинал. Между оригиналом и моделью должно существовать существенное сходство по ряду признаков.

МОЛЕКУЛА — наименьшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ХИРАЛЬНОСТЬ (ДИСИММЕТРИЯ) - отсутствие зеркальной симметрии у молекул живой материи, проявляющееся в способности отклонять поляризованный луч света.

МУТАГЕНЫ — физические, химические и биологические факторы, вызывающие мутации.

МУТАЦИЯ — внезапно возникающее естественное или искусственное стойкое изменение наследственных структур, ответственных за хранение и передачу наследственной информации.

МУТУАЛИЗМ — взаимополезное сожительство организмов, при котором присутствие партнера становится обязательным условием выживания для каждого из организмов.

Н

НАБЛЮДЕНИЕ — метод научного познания, целенаправленный строгий процесс восприятия предметов действительности, которые не должны быть изменены.

НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ — свойство организмов повторять в ряду поколений сходные типы обмена веществ и индивидуального развития в целом.

НАТУРФИЛОСОФИЯ — умозрительное истолкование природы, восприятие ее как единого целого.

НАУКА — часть культуры, представляющая собой совокупность объективных знаний о бытии, процесс получения и применения этих знаний на практике.

НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ — кардинальный переворот в знаниях о мире, связанный со сменой научной картины мира.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА - то же, что парадигма; совокупность предпосылок, определяющих конкретное научное исследование и признанных на данном этапе развития науки.

НЕГЭНТРОПИЯ — мера упорядоченности системы, принимающая только отрицательные значения.

НЕИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ - системы, движущиеся друг относительно друга с ускорением или замедлением.

НЕОДАРВИНИЗМ — совокупность новейших эволюционных концепций, основанных на признании естественного отбора основным фактором эволюции.

НОМОГЕНЕЗ — недарвиновская концепция развития живой природы, согласно которой эволюция совершается под действием неких внутренних, заранее определенных причин.

НООСФЕРА — по Вернадскому, новое состояние биосферы, преобразованной человеческой мыслью и трудом; при этом разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором динамики общества и природы.

НОРМА — функциональный оптимум биологической системы.

НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ — биополимеры, построенные из большого числа нуклеотидов; играют ведущую роль в биосинтезе белка и передаче наследственных признаков и свойств организмов.

НУКЛОН — общее название протона и нейтрона — частиц, из которых построены атомные ядра.

НУТАЦИЯ — периодические небольшие колебания в положении полюсов мира.

О

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ — реакция системы на воздействие окружающей среды.

ОЗОН — соединение, образованное тремя атомами кислорода в атмосфере под воздействием электрических разрядов или ультрафиолетовых лучей.

ОНТОГЕНЕЗ — индивидуальное развитие живого организма от момента зарождения до окончания жизни; согласованная реализация наследственных признаков и функций в пределах одного организма.

ОРГАНОГЕНЫ — химические элементы, обеспечивающие основу жизнедеятельности организмов (углерод, водород, кислород, азот, фосфор и сера).

ОХРАНА ПРИРОДЫ — комплекс мероприятий, направленных на рациональное использование, воспроизводство и сохранение природных ресурсов Земли и космического пространства.

П

ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ — наука, изучающая природные условия, существовавшие на поверхности Земли в древние геологические эпохи (распределение древних материков и морей, характер рельефа, климата и т.д.), и их закономерные изменения в истории Земли.

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ — наука об ископаемых животных и растениях.

ПАНСПЕРМИЯ — гипотеза о появлении жизни на Земле в ре зультате переноса зародышей жизни с других планет.

ПАРАДИГМА (то же, что научно-исследовательская программа) — признанные всеми научные достижения, которые в течение определенного времени дают научному сообществу модель постановки проблем и их решение.

ПАРАЗИТ — животный или растительный организм, живущий на поверхности или внутри другого организма и питающийся за счет него.

ПАРСЕК — астрономическая единица измерения межзвездных расстояний, равная 3,26 световых лет.

ПАССИОНАРНОСТЬ — в концепции Л.Н. Гумилева, повышенная тяга к действию у людей, возникающая из-за их специфической способности усваивать больше энергии, чем необходимо для нормальной жизнедеятельности; является результатом мутации.

ПАТОЛОГИЯ — нарушение нормы, функционального оптимума биологической системы.

ПЕСТИЦИДЫ — химические препараты для борьбы с сорняками (гербициды), вредителями (инсектициды), болезнями (фунгициды) культурных растений.

ПЕТРОГРАФИЯ — наука о горных породах, их составах, условиях залегания, закономерностях распространения и происхождения.

ПЛАЗМА — частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы.

ПЛАНЕТА — несамосветящееся небесное тело, по форме близкое к шару, получающее свет и тепло от Солнца и обращающееся вокруг него по эллиптической орбите.

ПЛАНЕТЕЗИМАЛИИ — зародышевые ядра, образованные путем аккреции из мелких частиц газово-пылевого облака. Их объединение образует планеты.

ПЛАТФОРМА ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ — одна из основных структурных форм земной коры, характеризующаяся малой интенсивностью тектонических движений и магматических процессов; сложена горизонтально залегающими осадками (платформенный чехол), под которыми находятся сильно метаморфизированные и смятые в складки более древние породы.

ПОЛИМЕРЫ — химические соединения с высокой молекулярной массой; молекула полимера состоит из большого числа повторяющихся звеньев; полимеры являются основой для изготовления пластмасс, резины, лакокрасочных материалов, клеев; из полимеров состоят все натуральные и химические волокна; из биополимеров построены клетки живых организмов и межклеточное вещество.

ПОЛИЦЕНТРИЗМ — картина мира, считающая Вселенную бесконечной в пространстве и вечной во времени, с бесконечным количеством звезд, вокруг которых вращалось множество планет, населенных разумными существами.

ПОЛЮСЫ МИРА — точки пересечения небесной сферы так называемой осью мира, вокруг которой происходит ее видимое суточное вращение. Северный полюс мира теперь расположен вблизи Полярной звезды.

ПОНЯТИЕ — отражение предметов и явлений со стороны их существенных свойств и отношений, форма мышления, которая обобщает и выделяет предметы по их общим признакам.

ПОПУЛЯЦИЯ — совокупность особей одного вида, населяющих определенную территорию, свободно скрещивающихся между собой и частично или полностью изолированных от других особей своего вида.

ПОЧВА — наружные горизонты горных пород, естественно измененные совместным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов, включая их остатки.

ПРЕЦЕССИЯ — перемещение точек весеннего и осеннего равноденствий с востока на запад вследствие медленного поворота в пространстве земной оси.

ПРИНЦИП ВЕРИФИКАЦИИ — один из принципов в методологии науки, позволяющий отличить науку от псевдонауки, утверждающий, что если какое-то понятие или суждение сводимо к непосредственному опыту, то оно имеет смысл.

ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ (КЛАССИЧЕСКИЙ) - принцип, согласно которому между покоем и равномерным прямолинейным движением нет никакой разницы, они описываются одними и теми же законами. Никакими механическими опытами, проведенными внутри системы, невозможно установить, покоится данная система или движется равномерно и прямолинейно.

ПРИНЦИП СООТВЕТСТВИЯ — теории, справедливость которых была экспериментально установлена для определенной группы явлений; с построением новой теории для той же области явлений старая теория не отбрасывается, но сохраняет свое значение для прежней области явлений как предельный, частный случай новой теории.

ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ - допущение, согласно которому результирующий эффект представляет собой сумму эффектов, вызываемых каждым воздействующим явлением в отдельности.

ПРИНЦИП ФАЛЬСИФИКАЦИИ — один из принципов в методологии науки, сформулированный К. Поппером. В соответствии с ним на статус научного может претендовать только принципиально опровержимое знание.

ПРОДУЦЕНТЫ — автотрофные организмы (в основном растения), которые могут производить пищу из простых неорганических веществ.

ПРОКАРИОТЫ — клетки, лишенные оформленного ядра (вирусы, бактерии, сине-зеленые водоросли).

ПРОТОБИОНТ — доклеточный предок живых организмов на Земле.

ПСЕВДОНАУКА — лженаука, набор фрагментарных знаний, скрывающихся под маской науки.

ПУЛЬСАРЫ (нейтронные звезды) — звезды очень небольших размеров (около 20 км в диаметре) с высокой плотностью, являю-

шиеся источниками космического радио-, оптического, рентгеновского, гамма-излучения, которое приходит на Землю в виде периодически повторяющихся импульсов.

ПУНКТУАЛИЗМ — современная концепция недарвиновской эволюции, согласно которой развитие идет путем редких и быстрых скачков в небольших популяциях в течение одного или нескольких поколений.

Р

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ — способность индивида выполнять целесообразную деятельность на заданном уровне эффективности в течение определенного времени.

РАДИКАЛ — устойчивая группа атомов в молекуле, переходящая без изменения из одного химического соединения в другое.

РАДИОАКТИВНОСТЬ — самопроизвольное превращение нестойких атомных ядер в ядра других элементов, сопровождающееся испусканием ядерных излучений.

РАСА — исторически сложившаяся группа людей, объединенных общностью происхождения, выражающейся в общности наследственных, передаваемых потомству второстепенных внешних физических особенностей (цвет кожи, глаз, волос, форма черепа и т.п.).

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ - возможность управления природными экосистемами с целью обеспечения и дальнейшего улучшения существования человеческого общества, максимального использования всех необходимых природных ресурсов, предотвращения и снижения возможных вредных последствий человеческой деятельности.

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ — свойство научного знания, требующее при познании мира опираться только на человеческий разум и его возможности.

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ — химическая активность химического элемента, зависящая от количества электронов на внешнем электронном уровне.

РЕДУКЦИОНИЗМ — методологический подход, сводящий высшее к низшему, объясняющий сложное через простое.

РЕЗОНАНС — явление сильного возрастания амплитуды колебаний (электрических, механических, звуковых и т.д.) под влиянием внешних воздействий, когда частота собственных колебаний системы совпадает с частотой колебаний внешнего воздействия.

РЕЗОНАНСЫ — неустойчивые элементарные частицы, характеризующиеся крайне малым временем жизни — 10^{-25}—10^{-26} секунды.

РЕКАПИТУЛЯЦИЯ (биогенетический закон) — воспроизведение основных этапов развития предковых форм (филогенеза) в ходе индивидуального (зародышевого) развития (онтогенеза) у ныне живущих организмов.

РЕКОМБИНАЦИЯ ГЕНОВ — перераспределение генетического материала родителей в потомстве, обусловливающее изменчивость живых организмов.

РЕЛИКТ — организм, предмет или явление, сохранившееся как пережиток от древних эпох.

РЕЛЯТИВИСТСКИЕ ЭФФЕКТЫ — изменения пространственно-временных характеристик тел, заметные на больших скоростях, сравнимых со скоростью света.

РЕПЛИКАЦИЯ — синтез на каждой из нитей молекулы ДНК парной ей нити; лежит в основе передачи наследственной информации от клетки к клетке и от поколения к поколению.

РЕФЛЕКС — ответная реакция организма на те или иные воздействия, осуществляющаяся с участием нервной системы.

РЕЦЕССИВНЫЙ ПРИЗНАК - тот из родительских признаков, который не проявляется у потомков первого поколения, является подавленным; данный признак начинает проявляться у второго и последующих поколений.

РНК — рибонуклеиновая кислота, одна из нуклеиновых кислот, характерная составная часть цитоплазмы животных и растительных клеток.

РУДИМЕНТ — недоразвитый орган, утративший свою функцию в течение исторического развития организма и находящийся на пути к исчезновению.

С

САЛЬТАЦИОНИЗМ — одно из направлений антидарвинизма, основано в 1860—1870-е гг. А. Зюссом и А. Келликером. Утверждает, что весь план будущего развития жизни возник еще в момент ее появления, а все эволюционные события происходят в результате скачкообразных изменений (сальтаций) эмбриогенеза.

САМООРГАНИЗАЦИЯ — скачкообразный природный процесс, переводящий открытую неравновесную систему, достигшую в своем развитии критического состояния, в новое устойчивое состояние с более высоким уровнем упорядоченности по сравнению с исходным.

САПРОФИТЫ — гетеротрофные организмы, питающиеся за счет разложения мертвых тканей или растворенного органического вещества и превращающие их в простые минеральные соединения.

СЕЛЕКЦИЯ — выведение новых и улучшение существующих сортов растений и пород животных путем применения научных методов отбора.

СИМБИОЗ — форма совместного взаимовыгодного существования двух организмов разных видов.

СИММЕТРИЯ — однородность, пропорциональность, гармония каких-либо объектов.

СИММЕТРИЯ В ФИЗИКЕ — свойство физических величин, детально описывающих поведение системы, оставаться неизменными при определенных преобразованиях этих величин. Лежат в основе законов сохранения физических величин.

СИНГУЛЯРНОСТЬ — точечный объем с бесконечно большой плотностью, иногда так называют начальное сверхплотное состояние Вселенной.

СИНЕРГЕТИКА (кооперативность, сотрудничество) — наука о самоорганизации простых систем, превращении хаоса в порядок.

СИНТЕЗ — метод научного познания, соединение разрозненных элементов предмета в единое целое и познание этого целого в единстве и взаимной связи его частей.

СИСТЕМА — внутреннее или внешнее упорядоченное множество взаимосвязанных элементов, определенная целостность, проявляющая себя как нечто единое по отношению к другим объектам или внешним условиям.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД — представление о мире как о совокупности разноуровневых систем, связанных отношениями иерархической соподчиненности.

СКАЧОК — крайне нелинейный процесс, при котором даже малые изменения управляющих параметров системы вызывают ее переход в новое качество.

СОЗНАНИЕ — свойство высокоорганизованной материи отражать объективные свойства предметов и явлений окружающего мира, планировать свои действия и оценивать полученные результаты; часть психики, которая может произвольно направляться на определенный реальный или идеальный объект, возбуждаться или тормозиться самим субъектом. В сознании выделяют процессы внимания, восприятия и переработки информации, память, мышление, а также моменты творчества.

СООТНОШЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ГЕЙЗЕНБЕРГА - принцип современной физики, утверждающий, что чем точнее фиксирован импульс, тем большая неопределенность будет в значении координаты элементарной частицы, и наоборот.

СПЕКТРОСКОПИЯ — раздел физики, в котором изучаются спектры электромагнитного излучения атомов, атомных ядер, молекул, кристаллов и т.д.

СПИН — собственный механический момент количества движения (импульса) элементарной частицы, ее внутренняя степень свободы, всегда присущая данному виду частиц. Определяет их свойства, обусловлена квантовой природой этих частиц. Может равняться целому (0, 1, 2) и полуцелому (1/2, 3/2) числу.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ - физические законы, отражающие объективные закономерности в виде однозначной связи статистических распределений физических величин.

СТИЛЬ НАУЧНОГО МЫШЛЕНИЯ - принятый в научной среде способ постановки научных проблем, аргументации, изложения научных результатов; регулирует вхождение новых идей в науку, формирует соответствующий тип исследователя.

СТРАННОСТЬ — квантовое число, характеризующее адроны.

СТРАТИГРАФИЯ — раздел геологии, изучающий последовательность формирования горных пород, их первичные пространственные взаимоотношения и относительный возраст с целью установления геологического строения местности и последовательности событий геологической истории Земли.

СТРУКТУРА — относительно устойчивая система связей элементов, образующих единое целое; включает в себя элементы системы, отношения между ними и систему этих отношений.

СТРУНЫ — протяженные одномерные объекты длиной 10^{-33} см, которые являются синонимом элементарных частиц в теории суперструн. Ныне известные нам элементарные частицы считаются в этой теории возбужденными состояниями таких струн.

СУКЦЕССИЯ — процесс закономерного изменения биоценозов на одном участке среды.

СЦИЕНТИЗМ — мировоззрение, основанное на вере в науку как в единственную спасительную силу.

Т

ТАКСОН — группа дискретных объектов, связанных той или иной степенью общности свойств и признаков и благодаря этому дающих основание для присвоения им определенной таксономической категории.

ТВОРЧЕСТВО — деятельность, направленная на познание и создание качественно нового, неизвестного до сих пор в материальной и духовной сферах культуры.

ТЕКТОНИКА — отрасль геологии, изучающая структуру земной коры и ее изменения под влиянием механических движений и деформаций, связанных с развитием Земли в целом.

ТЕЛЕОГЕНЕЗ — направление антидарвинизма, основанное на убеждении в заранее предначертанном ходе эволюции.

ТЕЛЕОЛОГИЗМ — представление о том, что у любого предмета или явления действительности есть изначально заложенное предназначение.

ТЕЛЕСНОСТЬ — поток жизни, жизнедеятельность человека в целом.

ТЕЛОМЕРЫ — особые структуры, расположенные на концах хромосом; играют важную роль в репликации ДНК.

ТЕОРИЯ — высшая форма научного знания, совокупность обобщенных положений, образующих какую-либо науку или ее раздел.

ТЕОЦЕНТРИЗМ — представление о Боге как о единственной подлинной реальности; основа средневекового мировоззрения.

ТЕРМОДИНАМИКА — раздел физики, в котором изучаются наиболее общие свойства систем, находящихся в состоянии теплового равновесия, и процессы перехода между такими состояниями, сопровождаемые превращением теплоты в другие виды энергии.

ТЕРМОЯДЕРНАЯ РЕАКЦИЯ — реакция синтеза (слияния) атомных ядер, эффективно протекающая при сверхвысоких температурах и способствующая поддержанию этих температур за счет большого энерговыделения.

ТЕХНОЛОГИЯ — совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката в процессе производства.

ТЕХНОСФЕРА — совокупность технических устройств и систем вместе с различными видами технической деятельности человека на планете; появилась в результате антропогенного преобразования биосферы.

ТИПОЛОГИЯ — классификация предметов или явлений по принципу общности каких-либо признаков.

ТОЧКА БИФУРКАЦИИ — критическое значение параметров системы, при которых возможен ее неоднозначный переход в новое состояние.

У

УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ — невидимое глазом электромагнитное излучение, располагающееся в спектре между фиолетовыми и рентгеновскими лучами; отличается сильным химическим и биологическим действием.

УНИФИКАЦИЯ — приведение чего-либо к единой системе, форме, к единообразию.

УПРАВЛЯЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ — важнейшие показатели, от которых зависит само существование системы.

ФАГОТОРОФЫ — гетеротрофные организмы, питающиеся другими организмами.

ФАЗА — отдельная стадия в развитии какого-либо явления или процесса в природе или обществе.

ФАУНА — совокупность всех видов животных какой-либо местности или геологического периода.

ФЕНОТИП — совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся в процессе его индивидуального развития.

ФЕРМЕНТЫ — биокатализаторы — вещества белковой природы, содержащиеся в животных и растительных организмах, направляющие, формирующие, регулирующие и многократно ускоряющие биохимические процессы в них.

ФЕРМИОНЫ — элементарные частицы с полуцелым спином, в конечном пределе выступающие как частицы вещества; подчиняются действию запрета Паули.

ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА — представление о мире с точки зрения физики; итог развития физического знания; самое общее теоретическое знание в физике; система понятий, принципов и гипотез, служащих исходной основой для построения теорий.

ФИЛОГЕНЕЗ — историческое развитие организмов, или эволюция органического мира, различных типов, классов, отрядов, семейств, родов и видов.

ФЛОГИСТОН — от греч. «горючий»; особое горючее вещество, содержащееся во всех горючих телах и обеспечивающее процесс горения; ошибочное представление, господствовавшее в химии XVIII в.

ФЛОРА — исторически сложившаяся совокупность видов растений какой-либо местности или геологического периода.

ФЛУКТУАЦИЯ — случайное отклонение системы от равновесного положения.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ — метод научного познания, использование специальной символики вместо реальных объектов.

ФОТОСИНТЕЗ — образование в клетках зеленых растений, водорослей и некоторых микроорганизмов углеводов и кислорода из углекислоты и воды под действием света.

ФОТОЭФФЕКТ — «выбивание» электронов из вещества при воздействии на него электромагнитным излучением (фотонами).

ФУНГИЦИДЫ — химические препараты для уничтожения или предупреждения развития патогенных грибов — возбудителей болезней сельскохозяйственных растений.

Х

ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ — вид взаимодействия между отдельными атомами или атомно-молекулярными частицами, который обусловлен совместным использованием их электронов; важнейшие виды связи — ковалентная (полярная и неполярная), ионная, металлическая, водородная.

ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ — вещество, состоящее из одного или нескольких химических элементов, атомы которых за счет совместного использования электронов объединены в частицу, обладающую устойчивой структурой, — молекулу, комплекс, монокристалл или иной агрегат.

ХРОМАТОГРАФИЯ — способ разделения смесей, основанный на том, что разные вещества в жидкой или газообразной фазе обладают разной прочностью связи с поверхностью, с которой они находятся в контакте.

ХРОМОСОМА — самовоспроизводящаяся структура, постоянно присутствующая в ядрах клеток животных и растений. Число, размеры и форма хромосом — кариотип — строго специфичны для каждого вида. Играют важную роль в передаче наследственных свойств организма.

Ц

ЦЕФАЛИЗАЦИЯ — развитие мозга в эволюционном процессе.

ЦИТОЛОГИЯ — наука о строении, химическом составе, функциях, индивидуальном и историческом развитии животных и растительных клеток.

Ч

ЧЕРНАЯ ДЫРА — физическое тело, создающее столь сильное тяготение, что красное смещение для света, испускаемого вблизи него, способно обратиться в бесконечность, поэтому эти объекты ничего не излучают. Считается, что черными дырами становятся сколлапсировавшие звезды.

Э

ЭВОЛЮЦИОНИЗМ — теория, понимающая развитие только как постепенное количественное изменение, отрицающее скачкообразные переходы.

ЭВОЛЮЦИЯ — процесс длительного, постепенного изменения, приводящий к появлению новых видов.

ЭКЗОТЕРМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ - химическая реакция, протекающая с выделением тепла.

ЭКОЛОГИЯ — наука об отношениях организмов и образуемых ими сообществах между собой и окружающей средой.

ЭКСПЕРИМЕНТ — метод научного познания; целенаправленное и строго контролируемое воздействие исследователя на интересующий его объект для изучения различных его сторон, связей и отношений.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ - возникновение тока в проводнике вблизи движущегося магнита.

ЭЛЕМЕНТ ХИМИЧЕСКИЙ — все атомы, имеющие одинаковый заряд ядра; в свободном состоянии являются простыми веществами, неразложимыми на еще более простые вещества.

ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ — свойство, отсутствующее у отдельных элементов системы, но появляющееся у системы в целом.

ЭМОЦИИ — реакции человека или животных на воздействие внутренних или внешних раздражителей, имеющие ярко выраженную субъективную оценку и охватывающие все виды чувственных переживаний.

ЭМПИРИЗМ — учение, признающее чувственный опыт единственным источником знаний.

ЭМПИРИЧЕСКОЕ ЗНАНИЕ — знание, полученное опытным путем, проверенное на практике.

ЭМПИРИЧЕСКОЕ ОБОБЩЕНИЕ — общее правило, которому подчиняются непосредственно наблюдаемые явления.

ЭНДОТЕРМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ - химическая реакция, протекающая с поглощением тепла.

ЭНТРОПИЯ — мера неупорядоченности (хаоса) системы, принимающая только положительные значения. В термодинамике известен принцип возрастания энтропии — стремление любой системы к состоянию термодинамического равновесия (состояния с наименьшей упорядоченностью движения частиц), или хаоса.

ЭПИГЕНЕЗ — концепция в эмбриологии, трактующая образование организма как его постепенное развитие из бесструктурной, неоформленной изначальной субстанции.

ЭПИЦИКЛ — вспомогательная окружность в геоцентрической системе мира К. Птолемея, введенная для объяснения сложных движений планет. Предполагалось, что планета движется не просто вокруг Земли, а по эпициклу, центр которого, в свою очередь, двигается по второй вспомогательной окружности — деференту.

ЭТНОГЕНЕЗ — происхождение народа.

ЭТОЛОГИЯ — наука о поведении животных.

ЭУКАРИОТЫ — все высшие организмы, клетки которых содержат оформленное ядро, отделенное от цитоплазмы ядерной мембраной.

ЭФИР — в классической науке вид в высшей степени разреженной и упругой материи, не фиксируемый известными человеку физическими приборами.

ЭФФЕКТ ДОППЛЕРА — изменение частоты колебаний или длины волн из-за движения источника волн и наблюдателя по отношению друг к другу.

ЭФФУЗИЯ — медленное истечение газа через малые отверстия; относительно спокойное излияние лавы на поверхность Земли из жерла вулканов или трещин.

Я

ЯТРОХИМИЯ — направление в медицине XVI—XVII вв, ставившее своей задачей поиски философского камня для нахождения панацеи — лекарства от всех болезней.

Оглавление

От автора 3
Глава 1. Наука как часть культуры 5
1.1. Наука среди других сфер культуры 5
1.2. Естественно-научная и гуманитарная культуры 7
1.3. Критерии научного знания 11
1.4. Структура научного знания 15
1.5. Научная картина мира 17

Глава 2. Структура и методы научного познания 20
2.1. Уровни и формы научного познания 20
2.2. Методы научного познания 23
2.3. Особенные эмпирические методы научного познания 25
2.4. Особенные теоретические методы научного познания 27
2.5. Особенные универсальные методы научного познания 29
2.6. Общенаучные подходы 32
2.7. Системный подход , 33
2.8. Глобальный эволюционизм 38

Глава 3. Основы естествознания 49
3.1. Предмет и структура естествознания 49
3.2. История естествознания 53
3.3. Начало науки 54
3.4. Глобальная научная революция конца XIX — начала XX в. 69
3.5. Основные черты современного естествознания как науки 71

Глава 4. Физическая картина мира 75
4.1. Понятие физической картины мира 75
4.2. Механическая картина мира 78
4.3. Электромагнитная картина мира 81
4.4. Квантово-полевая картина мира 85
4.5. Соотношение динамических и статистических законов 88
4.6. Принципы современной физики 91

Глава 5. Современные концепции физики 96
5.1. Структурные уровни организации материи 96
5.2. Движение и физическое взаимодействие 106
5.3. Концепции пространства и времени в современном естествознании 116

Глава 6. Современные космологические концепции 126
6.1. Космология и космогония 126
6.2. Космологические модели Вселенной 128
6.3. Происхождение Вселенной — концепция Большого взрыва 134
6.4. Структурная самоорганизация Вселенной 138
6.5. Дальнейшее усложнение вещества во Вселенной 144
6.6. Проблема существования и поиска внеземных цивилизаций 151

Глава 7. Земля как предмет естествознания 157
7.1. Форма и размеры Земли 157
7.2. Земля среди других планет Солнечной системы 159
7.3. Образование Земли 163
7.4. Геосферы Земли 170
7.5. Геодинамические процессы 179

Глава 8. Современные концепции химии 184
8.1. Специфика химии как науки 184
8.2. Первый уровень химического знания. Учение о составе вещества 186
8.3. Второй уровень химического знания. Структурная химия 193
8.4. Третий уровень химического знания. Учение о химическом процессе 197
8.5. Четвертый уровень химического знания. Эволюционная химия 205

Глава 9. Структурные уровни жизни 212
9.1. Структура биологического знания 212
9.2. Структурные уровни организации жизни 218

Глава 10. Происхождение и сущность жизни 243
10.1. Сущность жизни 243
10.2. Основные концепции происхождения жизни 249

10.3. Современное состояние проблемы происхождения жизни 257
10.4. Появление жизни на Земле 260
10.5. Формирование и развитие биосферы Земли 267
10.6. Появление царств растений и животных 271

Глава 11. Теория эволюции органического мира 278
11.1. Становление идеи развития в биологии 278
11.2. Теория эволюции Ч. Дарвина 284
11.3. Дальнейшее развитие эволюционной теории. Антидарвинизм 289
11.4. Основы генетики 295
11.5. Синтетическая теория эволюции 301

Глава 12. Человек как предмет естествознания 308
12.1. Концепции происхождения человека 308
12.2. Сходство и отличия человека и животных 321
12.3. Сущность человека. Биологическое и социальное в человеке 332
12.4. Этология о поведении человека 336

Глава 13. Феномен человека в современной науке 340
13.1. Сущность и истоки человеческого сознания 340
13.2. Эмоции человека 350
13.3. Здоровье, работоспособность и творчество человека 353
13.4. Биоэтика 365

Глава 14. Человек и биосфера 372
14.1. Понятие и сущность биосферы 372
14.2. Биосфера и космос 376
14.3. Человек и космос 378
14.4. Человек и природа 383
14.5. Концепция ноосферы В.И. Вернадского 393
14.6. Охрана окружающей среды 397
14.7. Рациональное природопользование 401
14.8. Антропный принцип в современной науке 407

Заключение 413
Библиографический список 414
Вопросы к экзамену (зачету) по курсу «Концепции современного естествознания» 415
Глоссарий 416

Учебник

Садохин Александр Петрович

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Редактор *Т.Л. **Балашова***
Корректор *Л.И. Ганина*
Оригинал-макет *И.М. Юрина*
Оформление художника *В.А. Лебедева*

Лицензия серии ИД № 03562 от 19.12.2000
Подписано в печать 20.12.2005 (с готовых ps-файлов). Изд. № 874
Формат 60x90 1/16. Усл. печ. л. 28,0. Уч.-изд. л. 26,0
Тираж 30 000 экз. (1-й завод — 3 000). Заказ 6927

ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО ЮНИТИ-ДАНА»
Генеральный директор *В.Н. Закаидзе*

123298, Москва, ул. Ирины Левченко, 1
Тел.: 8-499-740-60-15. Тел./факс: 8-499-740-60-14
www.unity-dana.ru E-mail: unity@unity-dana.ru

Отпечатано в ОАО **«ИПК** «Ульяновский Дом печати»
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

Александр Петрович Садохин

кандидат философских наук, доцент. Область научных интересов — философские вопросы естествознания, культурология, культурная и социальная антропология, межкультурная коммуникация, теория и история художественной культуры. Автор учебников и учебных пособий: «Культурология», «Мировая художественная культура», «Этнология», «Этнополитология», «Основы межкультурной коммуникации», «Теория и практика межкультурной коммуникации».

ЮНИТИ
UNITY
www.unity-dana.ru

ISBN 5-238-00974-7
9 785238 009742 >